

Ph. Sp.

1050

t

Meyerson
Identität
und
Wirklichkeit

<36608244440018

<36608244440018

Bayer. Staatsbibliothek

20. Sep. 1930

ÉMILE MEYERSON

IDENTITÄT UND WIRKLICHKEIT

IDENTITÄT UND WIRKLICHKEIT

VON
ÉMILE MEYERSON

DEUTSCH
VON
KURT GRELLING
NACH DER 3. AUFLAGE DES ORIGINALS

EINGELEITET UND MIT ANMERKUNGEN VERSEHEN
VON
LEON LICHTENSTEIN
O.Ö. PROFESSOR DER MATHEMATIK A. D. UNIVERSITÄT LEIPZIG



LEIPZIG 1930
AKADEMISCHE VERLAGSGESELLSCHAFT M.B.H.



Die Erfinder der atomistischen Lehre müssen entweder von vornherein den Schlüssel der Naturerscheinungen entdeckt haben, oder sie sind auf eine Vorstellung verfallen, die dem menschlichen Geiste durch seine Natur unvermeidlich aufgenötigt wird.

COURNOT, *Traité de l'enchânement des idées fondamentales dans les sciences et dans l'histoire.* Paris 1861, S. 245.

In voller Klarheit erkennen wir nur ein einziges Gesetz, das der Beharrung und der Gleichförmigkeit. Auf diesen einfachen Gedanken suchen wir alle anderen zurückzuführen, und in dieser Zurückführung allein besteht für uns die Wissenschaft.

POINSON, *Éléments de Statistique.* Paris 1861, S. 239.

Je aufmerksamer ich die Erscheinungen studiert habe, desto gleichmäßiger und übereinstimmender hat sich überall die Einwirkung der psychischen Vorgänge gezeigt . . .

HELMHOLTZ, *Handbuch der physiologischen Optik*, 2. Auflage, Hamburg und Leipzig 1896, S. 946-47.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Vorrede des Verfassers zur deutschen Ausgabe	IX
Vorrede.	XIII
Zur Einführung in die Philosophie von ÉMILE MEYERSON	XIX
ERSTES KAPITEL: Gesetz und Ursache	I
ZWEITES KAPITEL: Die Mechanistik	52
DRITTES KAPITEL: Das Trägheitsprinzip	108
VIERTES KAPITEL: Die Erhaltung der Materie	157
FÜNFTES KAPITEL: Die Erhaltung der Energie	192
SECHSTES KAPITEL: Die Elimination der Zeit	220
SIEBENTES KAPITEL: Die Einheit der Materie	241
ACHTES KAPITEL: Das Carnotsche Prinzip	267
NEUNTES KAPITEL: Das Irrationale	302
ZEHNTES KAPITEL: Die nicht-mechanischen Theorien	337
ELFTES KAPITEL: Der gemeine Menschenverstand . . .	372
ZWÖLFTES KAPITEL: Schlußfolgerungen	406
Anhänge	477
Register.	507

VORREDE DES VERFASSERS ZUR DEUTSCHEN AUSGABE

Mit dem Erscheinen von *Identität und Wirklichkeit* in deutschem Gewande geht im Greisenalter dem Verfasser ein lange gehegter sehnlicher Wunsch in Erfüllung. Völlig auf dem Boden der französischen *Philosophie des sciences* stehend und mir des engen Zusammenhangs mit der Gedankenwelt der Nachfolger von LEIBNIZ und D'ALEMBERT bis auf ÉMILE BOUTROUX und GASTON MILHAUD innig bewußt, empfinde ich doch tief, was ich meiner Ausbildung in Deutschland verdanke, wo ich von meinem 12. bis zum 23. Lebensjahr an Mittel- und Hochschule verweilte. In erster Reihe hat HERMANN KOPP, sowohl durch seine mündliche Lehre wie durch seine Schriften, den nachhaltigsten Eindruck auf mich ausgeübt. Ihm verdanke ich das Interesse für die Geschichte der Chemie, deren Studium ich mich während mehrerer Jahre hingegeben habe und das mich dann zur Philosophie hinüberleitete. Aber auch auf die Beschaffenheit dieser philosophischen Arbeit selbst ist, wie ich mir wohl bewußt bin, diese Einführung nicht ohne Einfluß geblieben. Und zwar nicht nur in dem Sinne, daß mir überhaupt das Historische als besonders geeignet erschien, als Hilfsmittel beim Erschließen des wahren Wesens der Naturwissenschaft zu dienen, sondern weil gerade das Studium der Entwicklung der Chemie in dieser Hinsicht spezielle Vorteile bietet. In der Physik steht nämlich die Auffassung, die man als die moderne zu bezeichnen pflegt, — der Atomismus — von Anfang an bei den Griechen, da die Wissenschaft ihre ersten Schritte tut, völlig gerüstet und sozusagen fix und fertig da. In der Chemie setzt sie sich demgegenüber erst langsam und gegen starken Widerstand allmählich durch. Man sieht da handgreiflicher — *sit venia verbo* —, worauf eigentlich ihr Vorzug beruht, und die Anschauungen der Vergangenheit, die uns sonst so fremdartig anmuten, werden uns zugänglicher, weil sie uns eben zeitlich so ungemein viel näher stehen. Nun ist aber bei einigem Eindringen in die Theorie der Wissenschaft offenbar, daß die *Form*

des Gedankenganges, auf die es ja bei dieser Untersuchung ankommt, uns eigentlich nur dann wirklich offenbar wird, wenn wir mit dessen *Inhalt* nicht einverstanden sind. Sonst verfließen Form und Inhalt unwiderstehlich ineinander: was man aus den Tatsachen erschloß, scheint ein unmittelbarer Ausfluß dieser letzteren zu sein, ja direkt in ihnen schon bereit gelegen zu haben. Die zeitgenössische Wissenschaft ist eben etwas, was mit unserem Geiste eins ist, sie ist ein Nessushemd, das wir meist vergeblich abzustreifen versuchen, das wahre Wirken unseres Geistes wird uns in diesem Falle nicht mehr bewußt als die Bewegung des Bootes dem, der sich auf ihm befindet und die Ufer nicht sieht. Bei der Betrachtung eines uns fremd gewordenen Wissens hingegen stehen wir gleichsam am Ufer und sehen das Schiff an uns vorbeiziehen, wobei wir die Bewegung nicht verkennen *können*. So wird man denn bei Betrachtung der verschiedenen Theorien der Chemie, von der Alchemie bis herab auf die Phlogistiker, unmittelbar gewahr, daß jede Erklärung eines chemischen Vorganges letzten Endes auf der Annahme einer Präexistenz des im Laufe der Veränderung Erscheinenden gegründet war. Dies hat zwar, so viel mir wenigstens erinnerlich ist, Kopp nirgends förmlich ausgesprochen, aber das Ganze seiner Lehre ist von diesem Gedanken so durchdrungen, daß er sich mir aufs tiefste eingeprägt hatte und, als ich an eine Analyse des wissenschaftlichen Denkens überhaupt ging, unwiderstehlich auf Schritt und Tritt aufdrängte, wie das der Leser auch unschwer bei der Lektüre des vorliegenden Bandes bemerken wird. Es ist somit nur der Gerechtigkeit entsprechend, wenn ich in dieser Vorrede den Namen HERMANN KOPPS voranstelle und meiner Freude Ausdruck gebe, daß Gedanken, an deren Entstehung sein Werk einen so bedeutenden Anteil hat, in der Sprache wiedergegeben werden, in der ich sie empfangen habe.

Die erste Auflage dieses Buches ist Anfang 1908 erschienen, die zweite, erweiterte Ausgabe 1912. Seitdem habe ich an dem Buche nichts mehr geändert und der dritten Auflage, die dieser Übersetzung zugrunde liegt, nur eine Anzahl kurzer Anmerkungen hinzugefügt (sie sind jedesmal als solche besonders gekennzeichnet), in denen hauptsächlich auf spätere Veröffentlichungen von mir hingewiesen wird. Das lag nicht etwa daran, daß das Ganze mir als keiner Verbesserung mehr bedürftig erschien, geschah vielmehr

deshalb, weil das Werk inzwischen einige Verbreitung gefunden hatte und auch in den Unterricht gedrungen war, so daß eine gründliche Umarbeitung in dieser Hinsicht eher störend wirken würde.

Das hat natürlich den Nachteil, daß die Problemstellung dem Leser gelegentlich als nicht ganz dem heutigen Stande der Wissenschaft angemessen erscheinen könnte. Ich erlaube mir diesbezüglich auf meine späteren Arbeiten hinzuweisen. Da übrigens hier nicht die Endergebnisse der Wissenschaft als solche in erster Linie in Frage kommen, so sind ja, mag ein Wissen als noch so abgetan gelten, die Folgerungen, die man aus seiner Zergliederung gewonnen hat und die unsere Denkprozesse betreffen, deshalb keineswegs zu nichte geworden.

Dieses kurze Vorwort möchte ich nicht schließen, ohne Herrn Prof. LEON LICHTENSTEIN, dessen freundschaftlicher Vermittlung diese Ausgabe ihr Erscheinen verdankt und dessen schöne und tief durchdachte Vorrede dem Leser das Verständnis des hier Dargebrachten ungemein erleichtern wird, meinen Dank auszusprechen. Ich zolle auch schuldigen Tribut Herrn Dr. GRELLING, der seiner Aufgabe des Übersetzers in selten vollkommener Weise gerecht geworden ist. Ich kann aufrichtig bezeugen, daß ich manche Seiten mit wirklichem Vergnügen gelesen habe, und das ist wohl bei einem Verfasser keine alltägliche Feststellung; hier wird also das traduttore-traditore entschieden Lügen gestraft.*

Der Verlagsbuchhandlung, welche die schwierige Aufgabe, ein philosophisches Werk herauszugeben, übernahm und allen meinen Wünschen mit größter Bereitwilligkeit entgegenkam, sei auch an dieser Stelle mein herzlichster Dank gesagt.

Paris, den 8. September 1929.

ÉMILE MEYERSON

* Es erschien mir als erwünscht, hier und da kleine Änderungen des Textes vorzuschlagen. Insofern trifft auch mich ein Teil der Verantwortung.

VORREDE

Das vorliegende Werk gehört seiner Methode nach in das Gebiet der *Wissenschaftslehre* oder *Epistemologie*, um uns dieser wohl angemessenen und heute immer mehr gebräuchlich werdenden Ausdrücke zu bedienen. Allerdings haben wir uns bei unseren Untersuchungen von gewissen vorgefaßten Auffassungen leiten lassen, die diesem Gebiet an sich fremd sind.

Die wichtigste von ihnen ist in dem Satze von HELMHOLTZ enthalten, den wir unserer Arbeit vorangestellt haben. Wenn diese Stelle auf den ersten Blick auch etwas allgemein und unbestimmt erscheint, so enthält sie doch durch den Zusammenhang, in dem sie sich findet, eine präzise Bedeutung. Der große Physiker wollte sagen, daß die unbewußten psychischen Vorgänge, die mit der Gesichtswahrnehmung unauflöslich verknüpft sind, mit den bewußten Denkvorgängen identisch sind. Jeder, der die *Physiologische Optik* auch nur durchgeblättert hat, weiß, daß dies nicht eine gelegentlich hingeworfene Bemerkung, sondern einer der Grundgedanken dieses bewunderungswürdigen Werkes ist. Es schien uns, daß sich das Anwendungsgebiet dieses Grundsatzes beträchtlich erweitern ließe und daß nicht nur beim Sehen, sondern ganz allgemein bei der Wahrnehmung der Außenwelt Vorgänge eine Rolle spielen, deren Wesen sich, wenigstens teilweise, demjenigen enthüllen müßte, der das Verfahren erforscht, mittels dessen das bewußte Denken das von der Wahrnehmung entworfene Bild der Außenwelt umformt. M. a. W.: Wir glauben, daß der beste Weg zur Lösung der den gemeinen Menschenverstand betreffenden Probleme in der Untersuchung der Methoden besteht, die von der Wissenschaft befolgt werden. Wer so handelt, verletzt anscheinend die Grundregel, nach der man vom Einfachen zum Zusammengesetzten fortschreiten soll; aber das scheinbar Einfache ist es in diesem Falle nicht in Wirklichkeit. Schon BERKELEY hat lange vor HELMHOLTZ hervorgehoben, daß der Vorgang der visuellen Wahrnehmung, um bei

dem einmal gewählten Beispiel zu bleiben, eine Menge abgekürzter Schlußfolgerungen enthält, die zu entwirren sehr schwer hält. Angenommen also, der Vorgang sei wirklich derselbe, so haben wir mehr Aussicht, seinen Ablauf zu verstehen, wenn wir uns an eine Erscheinung halten, die zwar scheinbar komplizierter ist, bei der aber die einzelnen Stadien deutlich voneinander unterschieden sind.

Außerdem ist der eben angeführten Regel eine andere, wichtigere übergeordnet, nach der vom Bekannten zum Unbekannten fortgeschritten werden soll. Nun ist aber das Unbewußte auch immer unbekannt, ja sogar seinem Wesen nach überhaupt nicht unmittelbar erkennbar.

Es soll damit allerdings nicht behauptet werden, daß der Verstandesgebrauch, den wir uns als bewußt zu bezeichnen gewöhnt haben, sich unserem Geiste mit aller wünschenswerten Klarheit darböte. Unsere Vernunft ist für die Erforschung aller Dinge sachverständig, sie selbst ausgenommen. Während ich nachdenke, bin ich in Wirklichkeit außerstande, diese Tätigkeit meines Verstandes zu beobachten. Bin ich wohl auf dem und dem Wege zu dem und dem Schluß gelangt? Sobald ich mir diese Frage vorlege, packt mich der Zweifel, den ich nicht anders beschwichtigen kann als dadurch, daß ich die fragliche Überlegung, so gut ich kann, methodisch wiederhole, so daß mir auch alle diejenigen unter ihren Phasen zum Bewußtsein kommen, die unterbewußt waren, als ich versuchte, so rasch wie möglich das Ziel zu erreichen. Man kann sich leicht darüber Rechenschaft geben, daß man so z. B. in der Logik verfährt. Dieses Verfahren ist nicht immer ohne Gefahr. Die planmäßig angestellte Reflexion zeigt uns *einen* Weg, auf dem man zu dem Schlußsatz gelangen kann; aber ist das auch *der* Weg, den wir eingeschlagen hatten? Sicher ist, das wir ihn nicht unmittelbar wiedererkennen können, da uns ja die Zwischenstufen nicht zum Bewußtsein gekommen waren. Wir werden also indirekte Mittel versuchen, wir werden uns z. B. sagen, daß, *wenn* wir so und so geschlossen hätten, die und die andere Konsequenz daraus gefolgt wäre, die wir verifizieren können. Aber diese direkten oder indirekten Untersuchungen können uns leicht irreführen. Man darf ja nicht vergessen, daß unsere Nachforschungen immer von vorgefaßten Ideen, also von Hypothesen beherrscht werden; diese können wir nämlich, trotz BACON, als Führer auf unserem Wege nicht entbehren. Übrigens

sind wir nie ganz frei von solchen; wenn wir es zu sein glauben, so beweist das nur, daß sie unbewußt geblieben sind. Angenommen selbst (was unmöglich ist), wir hätten beim Beginn unserer Untersuchungen über einen gewissen Gegenstand wirklich noch gar keine Ansicht über ihn, so wird sie von selbst aufkeimen, sobald wir die ersten Schritte in dem neuen Gebiete tun, und zwar entsteht sie unter dem Einfluß uns selbst verborgener geistiger Neigungen und eines Wissens, das unserem Untersuchungsgebiet vielleicht scheinbar ganz fremd ist. Nun beeinflußt aber die einmal geborene Hypothese unsere ganze weitere Arbeit. Versuchen wir eine Überlegung zu *rekonstruieren*, so werden wir uns unbewußt bemühen, sie der Vorstellung anzupassen, die wir uns gebildet haben; aber bei der Mannigfaltigkeit von Mitteln, über die unser Verstand verfügt, ist es sehr wohl möglich, daß er sich plastisch erweist und dem Druck nachgibt, den wir, ohne es zu wollen, auf ihn ausüben. Daß dadurch unsere Ergebnisse gefälscht werden, ist einleuchtend. Wir werden diese Gefahr wenigstens teilweise vermeiden, wenn wir uns nicht an unsere eigenen, eigens zu diesem Zweck hervorgerufenen Gedanken halten, sondern an die von anderen, die, weil schriftlich niedergelegt, von jeder Plastizität frei sind. Die Wissenschaft bietet uns einen Extrakt aus diesen Gedanken. Aber die heutige Wissenschaft genügt uns nicht. Denn was wir suchen, ist weniger das Ergebnis als die Methode, der Weg, auf dem man dahin gelangt ist. Nun unterscheidet sich aber der Naturforscher in dieser Hinsicht nicht von dem einfachen Manne. Er nimmt sich nicht selbst beim Überlegen wahr. Er hat also keine direkte Kenntnis von dem Wege, auf dem er zu der und der Schlußfolgerung gelangt ist; die Motive, die ihn dabei geleitet haben, können ganz andere sein, als er selbst annimmt. Deshalb muß man seine Behauptungen dadurch kontrollieren, daß man sich nicht an das Denken des Einzelnen, sondern an das kollektive Denken hält und die Entstehung und Entwicklung der Begriffe in der Geschichte erforscht. Letzten Endes also, mag dies auch noch so sehr als Umweg erscheinen, suchen wir die Lösung der den gemeinen Menschenverstand betreffenden Probleme mit Hilfe der Geschichte der Wissenschaften. Es ist dies ein Verfahren, das eine gewisse Ähnlichkeit mit demjenigen hat, das AUGUSTE COMTE empfiehlt; wir denken zwar nicht daran, mit diesem jede Möglichkeit einer introspektiven Psychologie zu leugnen, und die Ergebnisse, zu denen wir gelangen, sind,

wie man sehen wird, sehr verschieden von denen, die der Begründer des Positivismus aufstellt; dennoch müssen wir das große Verdienst anerkennen, das er sich dadurch erworben hat, daß er die Fruchtbarkeit der aposteriorischen Methode für die Entdeckung der Gesetze des menschlichen Geistes verkündet hat.

Wohlverstanden, wir behaupten nicht die Unfehlbarkeit des Verfahrens. Das Prinzip, auf dem es beruht, nämlich die Identität des Ablaufs beim bewußten und beim unbewußten Denken, ist keineswegs an sich evident, und wir beanspruchen nicht, es *a priori* zu beweisen. Es ist nur ein *heuristisches* Prinzip, eine *Arbeitshypothese*, von der wir hoffen, daß die Ergebnisse dieses Buches sie in erheblichem Maße bestätigen werden. In einem gewissen Sinne kann man übrigens behaupten, daß dieses Verfahren das einzige und unvermeidliche ist. Wie wir uns auch drehen mögen, immer ist es unser Verstand, mit dem wir überlegen. Wir kennen keinen anderen Weg und können keinen kennen, um Begriffe miteinander zu verknüpfen, als den, welchen unser Verstand einschlägt, wobei dieser Ausdruck hier nur eine *bewußte* Tätigkeit bedeuten kann. Selbst wenn wir uns am weitesten von ihm zu entfernen glauben, sind es doch immer Bruchstücke bewußter Reflexionen, mit deren Hilfe wir uns einen anderen Weg zu bahnen versuchen.

* * *

Die Geschichte der Wissenschaften, auf die wir uns berufen, ist vor allem die der leitenden Ideen der Wissenschaft. Jeder, der dieses Gebiet ein wenig kennt, weiß, wieviel auf ihm noch zu tun bleibt. Nach Maßgabe unserer Mittel haben wir selbst versucht, gewisse allzu empfindliche Lücken auszufüllen, indem wir auf die Quellen selbst zurückgingen. Wir haben jedoch überall da davon Abstand genommen, wo es uns nicht nötig erschien, weil die Frage bereits ausreichend geklärt war. Übrigens geben wir uns keiner Täuschung darüber hin, wie unzureichend unsere Kenntnisse in bezug auf gewisse sehr wichtige Punkte sind.

Da die historische Forschung für uns nur Mittel und nicht Zweck ist, so kommt es vor, daß die Entstehung der Begriffe nicht immer in der chronologischen Ordnung dargestellt wird und daß Betrachtungen über dieselbe Wissenschaft, ja über dieselbe Entwicklungsstufe einer besonderen Wissenschaft über verschiedene Kapitel

verstreut sind: so wird die Entwicklung der Chemie im XVIII. Jahrhundert vor LAVOISIER und die Entstehung des modernen Begriffes des chemischen Elements im VII. Kapitel S. 244 u. f. und im X. Kapitel S. 348 u. f. behandelt. Wir wußten nicht, wie wir diese Unzuträglichkeiten vermeiden sollten. Der Leser mag beurteilen, ob die Ergebnisse unserer Arbeit das Mehr an Anstrengung aufwiegen, das ihm dieses Verfahren zumutet.

Um Entschuldigung bitten wir auch wegen der Vielzahl der Zitate und Hinweise. Auf die ersteren zu verzichten, wäre sehr schwer gewesen, da ja unsere Methode gerade darin besteht, das Denkverfahren der Naturforscher zu untersuchen und daraus unsere Schlüsse zu ziehen; da andererseits der Sinn eines Textes eigentlich nur auf Grund des Zusammenhanges einwandfrei feststellbar ist, so glaubten wir dem Leser die Kontrolle dadurch erleichtern zu sollen, daß wir es ihm ermöglichten, jedesmal auf das Buch zurückzugreifen, aus dem das betreffende Zitat entnommen ist. Besteht übrigens nicht das größte Verdienst einer Arbeit wie der vorliegenden in der Bereitung des Weges für künftige Untersuchungen?

Wir haben unser Möglichstes getan, um unsere Vorgänger anzuführen. Sicherlich haben wir trotzdem einige übersehen; wir bitten im voraus deswegen um Verzeihung. Kein Forscher weiß genau, was er dem Denken anderer verdankt, am wenigsten in einer Zeit wie der heutigen, da die geistige Bewegung eine so starke ist, und auf einem Gebiet wie dem unsrigen, das sich mit so vielen anderen berührt. Aber es liegt uns besonders daran, den Einfluß hervorzuheben, den unter den lebenden Meistern BOUTROUX und BERGSON, POINCARÉ und DUHEM auf uns ausgeübt haben. Dieser Einfluß beschränkt sich nicht auf die Stellen, an denen ihre Namen angeführt werden.

* * *

Nun aber eine möglichst kurze Zusammenfassung des allgemeinen Gedankenganges unserer Arbeit: Wir beginnen mit einer Untersuchung darüber, ob es zutrifft, daß die ganze Wissenschaft, wie COMTE und nach ihm MACH behaupten, nur zum Zwecke des Handelns und der Voraussicht aufgebaut wird. Wir stellen fest, daß das hierbei in Anspruch genommene Prinzip der *Gesetzmäßigkeit* nicht ausreicht, daß vielmehr die Wissenschaft auch versucht, die

Erscheinungen zu *erklären*, und daß diese Erklärung in der Identifikation des Antezedens mit dem Konsequens besteht (I. Kap.). Aus diesem zweiten Prinzip, dem der *wissenschaftlichen Kausalität* entspringen die atomistischen Theorien (II. Kap.). Es macht sich auch in demjenigen Teil der Wissenschaft geltend, der nur von Gesetzen handelt, und schafft dort die Erhaltungsgesetze (III., IV. und V. Kap.) und führt zur Elimination der Zeit (VI. Kap.). Eine Erweiterung dieses selben Prinzips erzeugt die Vorstellung von der Einheit der Materie, eine Vorstellung, die zur Gleichsetzung der Materie und des Raumes und damit zur Vernichtung der Außenwelt führt (VII. Kap.). Diese Schlußfolgerungen sind nicht Ergebnisse der Wissenschaft, sondern fließen aus den in ihr verborgenen apriorischen Elementen, die Wissenschaft reagiert darauf, und diese Reaktion drückt sich aus in dem CARNOT-schen Prinzip (VIII. Kap.). Nachdem wir genauer die Grenzen der kausalen Erklärung abgesteckt haben, der das Irrationale entgegensteht (IX. Kap.), zeigen wir, daß die nichtmechanischen Theorien gleichfalls auf dem Kausalitätsprinzip beruhen (X. Kap.). Nunmehr stellen wir fest, daß die Welt des gemeinen Menschenverstandes durch ein Verfahren geschaffen wird, das demjenigen genau entspricht, durch welches die wissenschaftlichen Theorien hervorgebracht werden (XI. Kap.). Wir schließen mit einigen Folgerungen über die Wissenschaftslehre. In ihrem Verlaufe prüfen wir nochmals auf Grund der erhaltenen Resultate das Problem des Verhältnisses der beiden Prinzipien der Gesetzmäßigkeit und der Kausalität.

Juni 1907.

ZUR EINFÜHRUNG IN DIE PHILOSOPHIE VON ÉMILE MEYERSON

Wir beginnen mit einigen kurzen Angaben über die äußeren Lebensschicksale unseres Autors — sie werden uns das Verständnis seiner Philosophie erleichtern.*

ÉMILE MEYERSON, geboren 1859 in Lublin, damals in Russisch-Polen, wurde frühzeitig ins Ausland geschickt, zunächst nach Dresden, dann nach Leipzig und Berlin, wo er den höheren Schulunterricht genoß. Nach bestandener Abiturientenprüfung studierte MEYERSON von 1878 bis 1882 Chemie in Göttingen, Heidelberg, — dort wirkte zu jener Zeit noch BUNSEN —, und Berlin und siedelte 1882 nach Frankreich über, wo er zunächst einige Jahre lang als praktischer Chemiker beschäftigt war. Nach einer weiteren, etwa zehn Jahre währenden Tätigkeit als Mitarbeiter der Havas-Agentur in Paris nahm MEYERSON 1898 einen Verwaltungsposten an, den er erst 1923 aufgab. Nach einer fast zwanzigjährigen Vorbereitungszeit erschien 1908 das erste Werk von MEYERSON, „*Identité et réalité*“ (eine zweite Auflage 1912, eine dritte 1926), 1921 wurde „*De l'explication dans les sciences*“ in zwei Bänden veröffentlicht (Neuaufgabe 1927). Ein drittes Werk, „*La déduction relativiste*“, erschien 1925, ein weiteres, gleichfalls zweibändiges Werk, „*Du cheminement de la pensée*“, wird demnächst in den Druck gegeben werden.

ÉMILE MEYERSON ist auswärtiges Mitglied der Académie des sciences morales et politiques und auswärtiges Mitglied der dänischen Akademie der Wissenschaften.

Der Ausgangspunkt der Meyersonschen Philosophie war die Geschichte der Chemie. Es war das ausgezeichnete Werk von

* Die folgenden Ausführungen bilden eine umgearbeitete und wesentlich erweiterte Wiedergabe des in den Berichten der Mathematisch-Physischen Klasse der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Bd. 80, 1928, S. 275—285 erschienenen Aufsatzes, *Die Philosophie von ÉMILE MEYERSON*.

HERMANN KOPP, Geschichte der Chemie, Braunschweig 1845, das MEYERSONS Interesse für die Geschichte der Naturwissenschaften besonders angeregt hatte. Beim eingehenden Studium der Entwicklung der Chemie stieß MEYERSON wiederholt auf Tatsachen, die ihn glauben ließen, daß der menschliche Geist im Laufe seiner jahrtausendelangen Bemühungen um die Erkenntnis der Natur trotz aller Verschiedenheit dessen, was jeweils als Wissenschaft gilt, immer wieder dieselben Wege geht. In diesem allen Zeiten und allen exakten Naturwissenschaften Gemeinsamen erkannte MEYERSON etwas dem menschlichen Geiste selbst innewohnendes, ein *a priori*. Das Studium der Entwicklungsgeschichte der Wissenschaften, eine Betrachtung *a posteriori*, erschien ihm als der gegebene Weg, dieses *a priori* mit Sicherheit festzustellen.

Da der Denkprozeß unmittelbar schwer zu verfolgen ist, so können seine Grundgesetze am besten an den Früchten der Denkarbeit erkannt werden. Bei der Introspektion sind wir zu sehr Partei, als daß wir auf sichere Ergebnisse rechnen dürften. Aus gleichem Grunde genügt es nicht, sich mit der zeitgenössischen Wissenschaft zu beschäftigen. Es erscheint als durchaus notwendig, die gesamte jahrtausendealte Geschichte der Wissenschaften durchzugehen, — ja längst überwundene Entwicklungsstadien, denen wir bereits völlig objektiv und leidenschaftslos gegenüberstehen, erweisen sich als besonders geeignet, gemeinsame Züge jeglichen wissenschaftlichen Denkens dem Blicke des Forschers zu offenbaren. Es gilt den gesamten Wissensinhalt verschiedener Epochen zu durchforschen, es gilt den Wissenschaftler bei der Arbeit zu beobachten. Es darf nicht nach Belieben zwischen „wahrer“ und „falscher“ Wissenschaft unterschieden werden — aus allen Dokumenten muß mit gleicher Gewissenhaftigkeit geschöpft werden. Als Zeuge für die Wahrheit ist der Naturforscher nicht erst dann wertvoll, wenn er selbst Philosophie treibt. Nein, fast sollte man sagen, — im Gegenteil. Die Art und Weise, wie der Naturforscher bei seiner Arbeit denkt, die Art und Weise, die ihm selbst zumeist unbewußt bleibt, die ist es in erster Linie, die es zu erkennen gilt.

Dies war das Programm, das sich MEYERSON gleich beim Beginn seiner philosophischen Laufbahn enthüllte. Um es zu verwirklichen, waren umfangreiche systematische Studien auf dem Gebiete der Mathematik, Physik sowie der Geschichte dieser Wissenschaften

unumgänglich. Sie dauerten zwanzig Jahre. Ihre Frucht sind die vier eingangs genannten großen Werke.

Doch zurück zu der ersten fundamentalen Entdeckung von MEYERSON, seiner Forschungsmethode. Sie bedingt Längen, da sie umfangreiche Dokumente heranzieht. Dies kann als ein Nachteil erscheinen. Vielleicht, stellenweise, bei der ersten Lektüre. Bei einer wiederholten Beschäftigung mit den Büchern findet man, daß da nirgends ein Wort zu viel steht. Und zum Schluß denkt man mit Freude daran, das Studium dieser wundervoll geschriebenen Werke bald wieder einmal von vorn beginnen zu können.

Doch da tritt uns ein ernsterer Einwand entgegen. Soll eine Analyse der Entwicklungsgeschichte exakter Naturwissenschaften uns in den gemeinsamen Zügen des Wissens verschiedener Epochen wirklich Grundeigenschaften unseres eigenen Geistes enthüllen, so muß erst einmal feststehen, daß diese Grundeigenschaften sich nicht verändert haben, daß die menschliche „Denkmaschine“ heute genau so wie vor zwei Jahrtausenden „arbeitet“, daß die gewaltigen Unterschiede des Wissens verschiedener Epochen gewiß den Denkinhalt, nicht aber die tiefsten Grundlagen des Denkens selbst, die Denkform, betreffen. Dem Nachweis, daß dem wirklich so ist, sind mehrere Kapitel von „De l'explication“ gewidmet. Dieser Beweis wird auf höchst ingeniose Weise durch eine auch an sich wertvolle Analyse der hegelschen Naturphilosophie und einen Vergleich mit der aristotelischen erbracht. Die beiden, durch einen Zeitraum von mehr als 2000 Jahren getrennten philosophischen Systeme zeigen, wie a. a. O. des näheren ausgeführt wird, in ihren Grundtendenzen eine auffallende Analogie. Diese Tatsache genügt, um eine Änderung des Wesens unseres „Denkapparates“ auszuschließen, wenigstens soweit es sich um nichtmathematisches Denken handelt. Im Bereich des mathematischen Denkens hingegen kann man allerdings, wie MEYERSON in seinem späteren Buche über die Relativität hervorhebt (*La déduction relativiste*, Kap. XXIII), eine gewisse Variation der Denkform infolge des Eindringens der nichteuklidischen Geometrie annehmen. Doch setzt auch diese wohl nur Möglichkeiten ans Licht, welche unser Denkapparat von jeher in sich barg (*Du cheminement de la pensée*, III. Abschnitt).

Soviel über die Meyersonsche Forschungsmethode. Wie übrigens MEYERSON selbst hervorhebt, hatte bereits COMTE, dessen Einfluß

auf die „Arbeitsphilosophie“ der Naturforscher ungemein stark war und bis heute überall zu spüren ist, — auch in Deutschland durch Vermittlung des ihm wesensverwandten MACH —, ein ähnliches Programm entworfen. Zu einer Ausführung ist es nie gekommen. Übrigens stehen die Ergebnisse Meyersonscher Forschung im schärfsten Gegensatz zu den Grundtendenzen der Comte-Machschen Doktrin.

* * *

Nun diese Ergebnisse selbst. Sie sind in den vier eingangs genannten Werken, die durchaus ein Ganzes bilden, niedergelegt. Es ist gänzlich unmöglich, in kurzen Worten auch nur einen schwachen Abglanz von all der Unsumme von Wissen und Schönheit zu geben, die auf diesen mehr als 2000 Seiten gebannt sind. Man weiß nicht, was man in dem Verfasser mehr zu bewundern hat, den tief sinnigen Denker, der den Ideen, die in der ersten Morgenröte der Philosophie entstanden, im Lichte seiner Gedanken ein neues unerwartetes Leben einflößt, den Kenner der Kulturgeschichte, der Geschichte der Naturwissenschaften und der Philosophie, den glänzenden Schriftsteller. Das Kapitel II von „*Identité et réalité*“, über die Mechanistik, ist ein Kleinod der historischen und physikalisch-logischen Analyse, die langen Kapitel über HEGEL und SCHELLING in „*De l'explication*“ zeigen MEYERSON als einen der besten Kenner der deutschen Philosophie der ersten Hälfte des XIX. Jahrhunderts. In der „*Déduction relativiste*“ verdient das Kapital über den Relativismus und Mechanistik unsere uneingeschränkte Bewunderung.

MEYERSON spricht zwar ausdrücklich immer nur von der Epistemologie, der Philosophie der Naturwissenschaften, von den unverrückbaren Gesetzen unseres Geistes. Wie es aber keinen absoluten Gegensatz zwischen Mensch und Natur gibt, — auch der Mensch ist ein Stück Natur —, so gibt es auch keinen zwischen gemeinem und wissenschaftlichem Erkennen. Die Meyersonsche Philosophie der Wissenschaften erweist sich, indem sie Gesetze unseres Geistes enthüllt, als eine Erkenntnistheorie schlechthin.

Wie MEYERSON durch zahllose Zitate belegt, sind die Grundgedanken seiner Philosophie schon früher vielfach ausgesprochen worden. Doch handelte es sich dabei immer nur um gelegentliche, gleichsam unbewußte Äußerungen, um Bemerkungen, die nicht

selten im Widerspruch mit den philosophischen Grundtendenzen ihrer Autoren stehen. Im Sinne seines vorhin charakterisierten Verfahrens zieht MEYERSON aus dem ständigen Wiederauftauchen derselben Gedanken im Laufe der Jahrhunderte die stärksten Waffen zugunsten seiner Arbeitsmethode und seiner Philosophie.

Nun zum Kernpunkt der Meyersonschen Philosophie. *Die Natur ist nicht vollkommen rational, d. h. den Gesetzen unseres Geistes konform beschaffen.* Die jahrtausendealten verzweifelten Bemühungen, sie restlos zu durchdringen, den tatsächlichen Verlauf der Naturerscheinungen als „denknotwendig“ zu erkennen, sind zum Scheitern verurteilt. Dies müßte als nicht weiter erstaunlich erscheinen, da der Mensch nicht über der Natur steht, vielmehr selbst ein Stück Natur darstellt. Wie die Geschichte der Wissenschaften lehrt, begegnen wir dennoch immer wieder den Versuchen, der Naturforschung bestimmte Forderungen als „denknotwendig“ aufzuzwingen. So wird beispielsweise nicht selten ein streng gesetzmäßiger Ablauf jeglichen Naturgeschehens gefordert und diese Forderung damit begründet, daß die Herrschaft des „Zufalls“, und sei es auch nur „im kleinen“, im „mikroskopischen“, unvorstellbar sei. Die Naturgesetze müßten notwendigerweise eine anschauliche Interpretation zulassen. Der exakten Naturbetrachtung müßte die euklidische Geometrie als die unserer inneren Anschauung allein angemessene zugrundegelegt werden u. dgl. In Wirklichkeit fügt sich die Natur nur teilweise und sehr bedingt apriorischen Forderungen dieser und ähnlicher Art.

Mehr als dies, bei konsequenter Betrachtung der Natur gelangt unser Geist unvermeidlich zu Antinomien, die unlösbar sind. Sie sind der Ausdruck für eine Divergenz zwischen dem, was allein für unseren Geist faßbar ist, und dem tatsächlichen Naturgeschehen. So ist, um nur ein Beispiel anzuführen, eine Wirkung eines Stückes träger Materie auf ein anderes Stück Materie, von welcher Art auch immer, unvorstellbar, unbegreiflich, und doch begegnen wir einer solchen Wirkung auf Schritt und Tritt.

Was ist aber für unseren Geist faßbar, demnach als *restlos rational* zu bezeichnen? *Nur das Identische in Zeit und Raum.* Dann und nur dann gibt es kein „Was“, das sich auf die einer Naturerscheinung etwa unterzulegenden Objekte bezieht, kein „Wie“ ihres Ablaufs, kein „Warum“ ihres Zustandekommens. Jegliche Diversität in Raum

und Zeit enthält einen Zug der Irrationalität in sich. Das Nebeneinander verschiedenen Seins ebenso wie jegliches Werden sind ihrem Wesen nach für uns unbegreiflich. *Restlos* faßbar wäre demnach nur ein unveränderliches Sein, das undifferenzierte Sein der alten Eleaten. Die berühmte Sphäre des PARMENIDES ist ein Symbol eines solchen Seins, das von einem Nichtsein nicht zu unterscheiden ist und darum zur „Erklärung“ (*explication*), zum rational, d. h. faßbar werden lassen der Naturerscheinungen nicht herangezogen werden kann.

Ist demnach eine restlose Rationalität nicht möglich, so besteht doch die Alternative einer *teilweisen* Rationalität. Wir erkennen diese beispielsweise als vorliegend beim Betrachten einer räumlichen Konfiguration, die aus einzelnen unveränderlichen Elementen besteht, deren gegenseitige Lage sich indessen im Laufe der Zeit ändern kann. Hier erscheint die Frage nach dem „Wie“ des zeitlichen Ablaufs in befriedigender Weise beantwortet, da sich der *anschaulichen Vorstellung* eines solchen Ablaufs keinerlei Schwierigkeiten entgegenstellen.¹ Diese fundamentale Tatsache haben die antiken Atomistiker erkannt, sie liegt auch allen mechanistischen Theorien der Atomistik der letzten 400 Jahre zugrunde.

Sofern sich eine Naturerscheinung als eine bloße Änderung der Konfiguration an sich unveränderlicher Elemente deuten läßt, und in dem Umfange, wie dies möglich ist, kann sie im Sinne der vorstehenden Ausführungen² als rational, als erklärt angesehen werden. Solche Deutungen sind nicht die einzigen, die zur Erklärung, — als synonym mit dem Worte „Erklärung“ gebraucht übrigens MEYERSON gern Wendungen wie „Ermittelung der Ursachen“ u. dgl. —, herangezogen werden können.³ Im Laufe der Entwicklung der Wissenschaft sind manche andere Theorien ausgebildet worden. Man denke etwa an die Atome als Kraftzentren nach BOSCOVICH oder an die deformierbaren Elektronen nach LORENTZ und FITZGERALD. Sie

¹ Für die hier vertretenen Ideen ist es durchaus wesentlich, daß jedesmal, wenn nach dem „Wie“ eines Naturvorganges gefragt wird, anschauliche Bilder angestrebt werden. Man vergleiche hierzu die Ausführungen auf S. XXXVI, wo auch über das „Was“ und „Warum“ diskutiert wird.

² D. h. vor allem soweit es sich um das „Wie“ dieser Erscheinung handelt.

³ Über den Begriff der Ursache vergleiche die näheren Ausführungen auf Seite XXXVII.

haben alle eine wesentliche Eigenschaft gemeinsam, — sie sind, sofern es sich nicht um ganz oder teilweise qualitative Theorien handelt, samt und sonders spatial. Je mehr sich eine Erklärung dem Ideal aller Erklärungen nähert, um so stärker ist die Befriedigung, die unser Geist hierbei empfindet, um so stärker ist, um mit MEYERSON zu sprechen, ihre explikative Kraft (*force explicative*). In der Relativitätstheorie ist die Maßbestimmung nicht mehr euklidisch; der „Raum“ ist gekrümmt. Bekanntlich handelt es sich hierbei nicht um den Raum im üblichen Sinne, sondern um eine vierdimensionale Riemannsche Raum-Zeit-Mannigfaltigkeit. Das Vorstellungsvermögen des einzelnen wird einem Zwang ausgesetzt, und es hängt von der, ich möchte sagen, individuellen Fügsamkeit eines bestimmten „Denkapparates“ ab, wie weit die Lehren der allgemeinen Relativitätstheorie als Erklärung der Gravitation anerkannt, in welchem Umfange dort rationale Elemente gefunden werden, wie weit hingegen der große Bau der Theorie lediglich einen Ausdruck für gewisse Gesetzmäßigkeiten, die irrationale Elemente verbinden, darstellt.¹

Dies veranlaßt uns, auf die für die Meyersonsche Philosophie fundamentalen Beziehungen zwischen einer Gesetzmäßigkeit und einer Erklärung etwas näher einzugehen. Einige Beispiele werden uns am schnellsten zum Ziele führen. In der Hydromechanik bedient man sich der Bilder, die wir zur Abkürzung „mathematische ideelle Flüssigkeiten“ nennen wollen. Eine mathematische ideelle Flüssigkeit ist ein dreidimensionales Gebiet, auf dem stetige Zeit- und Ortsfunktionen, Dichte, Druck und Temperatur genannt, erklärt sind. Das Raumintegral der Dichte ist die Masse. Eine von einem Parameter, der Zeit, abhängige stetige Schar topologischer, Masse erhaltender Abbildungen dieses Gebietes ist eine „Bewegung“. Die als Lösungen der Euler-Lagrangeschen Gleichungen unter Zugrundelegung geeigneter Anfangs- und Grenzbedingungen erscheinenden Bewegungen können, wie die Erfahrung lehrt, zur angenäherten Beschreibung gewisser Klassen von Erscheinungen der Natur herangezogen werden. Zu diesen gehört u. a. der Vorgang der Fortpflanzung des Schalles in gasförmigen Medien. Gewisse Teilergebnisse lassen sich auch ohne Benutzung des Apparates der Hydromechanik zum Ausdruck bringen, so z. B. die Gleichförmigkeit der Fort-

¹ Man vergleiche hierzu die näheren Ausführungen auf S. XXXII.

pflanzung des Schalles in allen Richtungen in ruhender Luft. Wir sprechen im vorliegenden Falle von Regeln oder Gesetzen, von einer reinen Gesetzmäßigkeit. Sie befriedigt unseren Geist, der nach einer Erklärung, einer Rationalisierung sucht, in keiner Weise, da sie die sich aufdrängende Frage nach dem Zustandekommen der Schallwirkung, nach einer Verbindung zwischen dem, was im Schallerreger und in dem von ihm räumlich entfernten Schallempfänger vor sich geht, die Frage nach dem „Wie“ und „Warum“ der Schallfortpflanzung völlig offen läßt. Auch die vorhin auseinandergesetzten Bilder der Hydromechanik, die bereits eine räumliche Verbindung zwischen dem Schallerreger und dem Schallempfänger herstellen, erfüllen unsere Forderungen nur in einem sehr beschränkten Maße. Denn keine mit einer *Formänderung* verbundene topologische Abbildung läßt sich von unserem Geiste restlos erfassen, — in einer jeden steckt ein Zug von Irrationalität. Sowohl das „Wie“ des Ablaufs als auch das „Warum“ des Zustandekommens der räumlich sich ausbreitenden Wirkungen lassen für weitere Fragen Raum. Gleichwohl wird man hier, gegenüber einer reinen Gesetzmäßigkeit, von einer partiellen Erklärung sprechen können.

Ein anderes Beispiel bietet die Elastizitätstheorie. Eine bestimmte, etwa empirisch festgestellte Abhängigkeit der Dehnung und der Querkontraktion eines zylindrischen Stabes von der aufgewandten Zugkraft ist eine Regel, eine Gesetzmäßigkeit. Die phänomenologische Kontinuumstheorie der Elastizität nach NAVIER, CAUCHY, SAINT-VENANT liefert für diese Gesetzmäßigkeit eine (partielle) Erklärung. Sie kann nur partiell sein, weil schon die Kinematik eines deformierbaren Raumkontinuums, wie vorhin auseinandergesetzt, für unseren Geist nicht restlos faßbar ist. Eine weit stärkere explikative Kraft hat, um auf ein benachbartes Gebiet der Physik hinüberzugreifen, die von BORN und v. KARMAN begründete, von BORN weit ausgebildete Dynamik der Kristallgitter, soweit sie ihren Betrachtungen starre, diskrete, punkthafte Elemente zugrundelegt. Die Kinematik der Deformation, das „Wie“ der räumlichen Verteilung elastischer Wirkungen, erscheint jetzt als vollkommen durchsichtig. Anders steht es freilich mit der eigentlichen Dynamik, dem „Warum“ eben dieser Wirkungen. Jede in dem Gitter wirkende Kraft ist auch jetzt noch ein völlig undurchsichtiges Wesen, eine wahre *qualitas occulta*. Das gleiche ist bezüg-

lich ihres Angriffspunktes, des eigentlichen „Was“, woran diese Kraft hängt, zu sagen.

Vorhin war von der Kontinuumstheorie der Hydrodynamik die Rede. In einem weit stärkeren Maße als diese Theorie erfüllen die Forderungen unseres Geistes die Bilder der kinetischen Gastheorie. In derjenigen Fassung der Theorie, bei der direkte Zusammenstöße einzelner Moleküle nicht zugelassen werden, erscheint die Kinetik, das „Wie“ der Erscheinungen, als völlig durchsichtig. Diesen Bildern wohnt darum eine weit stärkere explikative Kraft inne. Auch sie sind freilich von irrationalen Elementen durchsetzt. Etwas Irrationales stellen die Atome dar, irrational ist eine jegliche Substanz, die als das Objekt, als dasjenige „Was“, worauf sich Gesetzmäßigkeiten beziehen, von unserem Geist jedem Naturgeschehen unvermeidlich zugrunde gelegt wird. Es sei noch einmal erwähnt, daß jede Diversität, ein jegliches Werden ihrem Wesen nach irrational, für unseren Geist vollkommen undurchsichtig sind. Unfaßbar ist z. B. der Vorgang der Übertragung der Bewegung von einem Körper auf einen anderen, der Vorgang des Stoßes, der lange Zeit geradezu als das Muster des Rationalen angesehen wurde, als dasjenige Element, das einer jeden vollkommenen Erklärung zugrunde gelegt werden müßte. In der Fresnelschen Theorie des Lichtes äußert sich das Irrationale u. a. wohl auch in den „widerspruchsvollen“ Eigenschaften, die dem Äther-Stoff zugeschrieben werden müssen. In der Maxwellschen Lichttheorie ist von einem das Licht übertragenden Medium nur noch der Name geblieben — hier stellt das elektromagnetische Feld etwas Irrationales dar,¹ desgleichen die als eine Art Substanz auftretende Feldenergie. In der klassischen Elektronentheorie ist zunächst die Existenz des Elektrons als etwas von seiner Umgebung Verschiedenes irrational. Unserem Geist fehlt eben durchaus das Vermögen, eine solche Diversität zu erfassen, sie als mit seinen Denkgesetzen verträglich anzuerkennen. Daß ein Elektron nicht „explodiert“, ist eine „Inkonsequenz“ des Elektronenbegriffs selbst, zugleich wohl ein Ausdruck für die Irrationalität dieses Begriffes. In einem noch weit stärkeren Maße sind bekanntlich manche Grundbegriffe der Quantentheorie in sich „widerspruchsvoll“, „unlogisch“. Man denke nur an die Schwierigkeiten, die beiden Aspekte der Materie und der Strahlung,

¹ Man vergleiche hierzu die Bemerkungen auf S. XXXIII.

den korpuskularen und den wellentheoretischen, unter einen Hut zu bringen.

Beim Fortschreiten des Naturerkennens werden immer wieder irrationale, für unseren Geist undurchsichtige Elemente aufgenommen und durch einen Willensakt für rational erklärt.¹ Solche „quasirationale“ Elemente bilden alsdann die Grundlage für neue, weitergehende Erklärungen. Bei dem Fortschreiten auf diesem Wege entfernt man sich immer mehr von dem, was unser Geist als das alleinige ihm völlig angemessene Operationsfeld empfindet und empfinden muß, — von der konkreten Anschauung. Indem wir immer weiter in das Gebiet des Irrationalen vordringen, fordern wir von unserem Geist naturgemäß einen immer weitergehenden Verzicht auf Anschaulichkeit. Die entscheidenden Fortschritte der Atomphysik seit Anfang des Jahrhunderts sind durch die Einführung des Wirkungsquantums, der Lichtquanten und der Bohrschen Sprunggesetze als der maßgebenden neuen Irrationalitäten bedingt. In der neuesten so hoffnungsreichen Entwicklung der Quantentheorie ist man von allem, was sich unmittelbar vorstellen läßt, vielfach meilenweit entfernt. Erst durch einen Übergang zur wahrscheinlichkeitstheoretischen Auffassung gelangt man hier nicht selten zu raumzeitlichen Bildern. Doch fordert die Zulassung wahrscheinlichkeitstheoretischer Begriffe als quasirationaler Elemente zumal in der neuen, an BOSE, EINSTEIN, PAULI, DIRAC, FERMI anknüpfenden Form von unserem Geiste eine erhebliche Selbstüberwindung, da sie einen weitgehenden Verzicht auf die Erfassung des „Wie“ bedingen. Diese Bemerkungen sind nicht dazu bestimmt, an den neuesten Ergebnissen und Methoden der Quantentheorie Kritik zu üben. Sie wollen im Gegenteil das Notwendige, das Naturgemäße dieser Entwicklung unterstreichen. Je umfassender eine physikalische Theorie erscheint, je größer der Umfang der Erscheinungen ist, die sie zu erklären unternimmt, um so blasser, um so unsichtbarer fällt ihr der Anschauung sich anbietender Inhalt aus. Wie wir wiederholt gesehen haben, führt eine restlos rationale Betrachtung der Wirklichkeit auf eine Sphäre des PARMENIDES und ist darum unmöglich. Ebenso führt jede Erklärung durch Ineinanderschachtelung von quasirationalen Ele-

¹ Man denke an die Energie, das elektromagnetische Feld, Elektronen und Protonen, Valenz usw.

menten letzten Endes zu einer völligen Auflösung des zu Erklärenden in ein undifferenziertes Nichts. In der Einsteinschen Relativitätstheorie, welche die Gravitation aus den geometrischen Eigenschaften des Raumes selbst ableitet, ist diese Tatsache augenscheinlich. Das gleiche gilt natürlich für die späteren Weiterführungen der Theorie.

* * *

Wie vorhin auseinandergesetzt, ist als restlos rational nur das Unveränderliche, sich selbst in Raum und Zeit Gleichbleibende aufzufassen. Als eine tief verankerte Eigenschaft des menschlichen Geistes hat im Einklang hiermit MEYERSON die Tendenz, überall das Konstante, sich selbst Gleichbleibende zu postulieren, erkannt. Diese Tendenz hat bei der Entdeckung der großen Erhaltungsgesetze der Masse, des Impulses, der Energie aufs stärkste mitgewirkt, sie ist der Ursprung der Begriffe der potentiellen Energie, des elastischen Spannungszustandes, der latenten Wärme u. dgl. Unserem Geiste widerstrebt es, in dem Wiedererscheinen ein jedesmaliges Neuerschaffen zu erblicken; er sucht die Lücken durch eine Art latentes, potentielles Dasein zu überbrücken. Wo, wie bei radioaktiven Umwandlungen, thermische Energie in scheinbar unbegrenzter Menge frei wird, dort wird ein ungeheurer Vorrat an gebundener, intraatomarer Energie postuliert. Natürlich wären diese und ähnliche Deutungen nicht möglich, wenn sie zu Widersprüchen mit der Erfahrung führen würden. Daß dies nicht der Fall ist, ist als ein Ausdruck für eine teilweise Rationalität des Naturgeschehens zu bewerten. Daß aber diese Rationalität nur eine teilweise sein kann, folgt, wie bereits mehrfach betont, allein schon aus der völligen Unvorstellbarkeit des Diversen, des sich anders als durch relative Verschiebung starrer Grundelemente Wandelnden.

Die Natur weicht aber noch in einer anderen Hinsicht von den rationalen Bildern ab, die wir allein fähig sind zu entwerfen. Sie kennt in Strenge keine umkehrbaren Prozesse. Das Naturgeschehen hat durchaus einen historischen Charakter. MEYERSON unterstreicht mit besonderem Nachdruck diese Nichtumkehrbarkeit und erblickt hierin gerade diejenige Eigentümlichkeit, die uns den völlig undurchsichtigen Charakter jeglichen Werdens besonders eindringlich vor Augen führt. MEYERSON verwirft die bekannten Versuche,

der überall beobachteten Degradation der Energie einen Wiederaufbau höherer Energiestufen entgegenzustellen. Übrigens, und das ist meine persönliche Ansicht, auch wenn es sich trotzdem einmal erweisen sollte, daß ein solcher Wiederaufbau tatsächlich irgendwo und irgendwann statthat, so würde dann die immer noch bestehende Nichtumkehrbarkeit in räumlich und zeitlich begrenzten Gebieten gewiß im Sinne von MEYERSON eine der stärksten Äußerungen der uns auf Schritt und Tritt begegnenden Irrationalität des Naturgeschehens bedeuten. Auch unter Heranziehung wahrscheinlichstheoretischer Begriffe als quasirationaler Elemente gelingt es nur teilweise, die unvermeidlichen Schwierigkeiten zu überwinden.

In dem Vorstehenden war ausschließlich vom physikalischen Geschehen die Rede. Der eigentliche Ausgangspunkt Meyersonscher Betrachtungen ist indessen, wie wir schon wissen, die Geschichte der Chemie gewesen. Der geschichtlichen Entwicklung dieser Wissenschaft im Lichte seiner Philosophie widmet demgemäß MEYERSON zahlreiche Seiten seiner Werke. Die dem menschlichen Geiste innewohnende Tendenz, überall das sich Gleichbleibende aufzuspüren, die Tendenz, von der vorhin die Rede war, macht es verständlich, warum das Gesetz der Erhaltung der Energie so schnell allgemeine Anerkennung fand. Die Tendenz nach Vereinheitlichung, — alles, was mit einer Diversität verknüpft ist, ist irrational —, erklärt den hartnäckigen Glauben an die tatsächliche Einheit alles Stofflichen, einen Glauben, dem bis in die neuesten Zeiten im Grunde genommen jede experimentelle Unterlage fehlte.

Das Prinzip, demzufolge jede Erklärung notwendigerweise einen spatialen Charakter haben muß, bewährt sich auch in der Chemie, — man denke nur an die so erfolgreichen stereochemischen Betrachtungen. Auch in der Physiologie, physiologischen Chemie und der Biologie findet MEYERSON Bestätigungen seiner Theorien, so in der Vererbungslehre, wo die alten präformistischen Ideen ganz auf dem Prinzip der Identität beruhen, usw.

Im schärfsten Gegensatz zu der Comte-Machschen Doktrin findet MEYERSON, daß das wissenschaftliche Denken wie das Denken des gemeinen Menschenverstandes durchaus auf der Vorstellung eines Dinges an sich aufgebaut ist. Es gibt keine Relation, keine Gesetzmäßigkeit ohne „etwas“ als Objekt dieser Relation. „*Pas de rapport sans support*“ heißt es bei MEYERSON. Die Behauptung, der man

oft begegnet, die Physik suche und finde Gesetzmäßigkeiten, stehe indessen jeder Metaphysik fern, beruht auf einem Mißverständnis. Der Mensch macht eine Metaphysik, schafft sich eine Ontologie gleichsam unbewußt. „*L'homme fait de la métaphysique comme il respire*“. Das wissenschaftliche Denken ist durch einen allmählichen Ausbau des Denkens des gemeinen Menschenverstandes entstanden. Das Denken des gemeinen Menschenverstandes ist nichts anderes als ein wissenschaftliches Denken in einem rudimentären Stadium. Hier wie dort ist eine Ontologie unvermeidlich. Wir sehen denn auch, daß keine Theorie, d. h. keine Ontologie aufgegeben wird, auch wenn sie sich noch so schlecht mit der Erfahrung verträgt, bis eine andere Theorie, eine andere Ontologie zur Stelle ist. MEYERSON konstatiert also, daß die wissenschaftliche Art zu denken wie diejenige des gemeinen Menschenverstandes notwendigerweise realistisch ist.¹ Er erklärt sich indessen, indem er diese Feststellung macht, keineswegs für eine bestimmte realistische Philosophie. MEYERSON lehnt es ab, sich auf ein bestimmtes philosophisches System festzulegen; seine Ergebnisse sollen lediglich Prolegomena für eine jede künftige Metaphysik bilden.

* * *

Für MEYERSON ist das Verhalten des wissenschaftlichen Denkens der Wirklichkeit gegenüber nicht einfach statisch, sondern durch und durch dynamisch. Trotzdem wir von der Undurchsichtigkeit des Gegebenen völlig überzeugt sind, werden wir nie aufhören, gegen den uns allerseits umgebenden Wall Sturm zu laufen und zu versuchen, das Irrationale zurückzudrängen. Wo ein restloses Verstehen nicht zu gewinnen ist, werden wir uns mit einem noch so schwachen Schein einer Erklärung begnügen. Es ist eine Illusion, anzunehmen, daß die Feldtheorien, d. h. die Nahwirkungsgesetze, ein völliges Verständnis des Naturgeschehens vermitteln, indem sie das „Warum“ beantworten, wie man dies früher von einer Zurückführung auf die Wirkungen einander berührender starrer Grundelemente erwartete.² Noch HEINRICH HERTZ suchte auf

¹ Man vergleiche hierzu die überzeugenden Ausführungen von E. STUDY, *Die realistische Weltansicht und die Lehre vom Raume*, Braunschweig 1923, S. 33—52. Wir werden auf diesen Gegenstand noch einmal S. XXXIII ff. ausführlicher zu sprechen kommen.

² Man vergleiche hierzu die Ausführungen auf S. XXVII.

diesem Wege eine Begründung der Mechanik. Unser Geist findet aber den in Betracht kommenden Begriffs- und Vorstellungskomplex den alten Fernwirkungstheorien gegenüber seiner ganzen Struktur nach verständlicher, plausibler und empfindet darum den Übergang zu den Nahewirkungstheorien als einen Fortschritt auf dem Wege zur Rationalisierung des Naturgeschehens. Einen eben solchen Fortschritt bedeutet die Zurückführung der Gravitation auf die inhärenten Eigenschaften der Raumzeitmannigfaltigkeit. Daß wir auf diesem Wege zu einer vollständigen Erklärung des Rätsels der Gravitation, des „Warum“ der Gravitationswirkungen, kommen werden, ist gewiß eine Illusion, doch eine beglückende, den wissenschaftlichen Fortschritt fördernde Illusion. Und so begreifen wir die Begeisterung, die der allgemeinen Relativitätstheorie vielfach entgegengebracht wurde. Es ist eben nicht so sehr die tiefsinnige logische Analyse, die dieser Theorie ihre unvergleichliche Anziehungskraft verleiht, als vielmehr das Zurückgehen auf die Ureigenschaften des Raumes, dieser Grundkategorie alles menschlichen Vorstellungsvermögens.¹

In dem Kampf um die Zurückdrängung des Irrationalen, in dessen Verlauf wir immer wieder neue quasirationale Elemente ins Gefecht führen, offenbart sich die Unergründlichkeit der uns umgebenden Natur, aber auch die Größe des menschlichen Geistes. Die Philosophie von MEYERSON gibt bei völliger Anerkennung der Souveränität der Wissenschaft, der keinerlei wie auch immer beschaffene Vorschriften mit auf den Weg gegeben werden dürfen, Raum für bewunderndes Schauen der Natur. Es nützt nichts, dort, wo unser Geist gebieterisch nach einem „Warum“ fragt, die Existenz des Irrationalen zu leugnen, indem man von einem falsch gestellten Problem spricht. Das *Ignorabimus* kann man nicht wegphilosophieren. Die Natur läßt sich ihres höchsten Zaubers, der Unergründlichkeit, nicht berauben. Die Wissenschaft wird sich nie mit einer nüchternen Proklamierung von Gesetzen begnügen, nie auf jede Metaphysik, jegliche Ontologie verzichten können. Wie schon vorhin (S. XXX) erwähnt, werden den Gesetzen tatsächlich allemal

¹ Ebenso verstehen wir freilich, ohne sie persönlich teilen zu können, die ablehnende Haltung derjenigen, die, angesichts der ungenügenden Anschaulichkeit der Bilder dieser Theorie, ihr jede explikative Kraft absprechen (vgl. die Bemerkungen auf S. XXV, Zeile 7 ff.).

gewisse außerhalb von uns liegende Wesenheiten als Objekte untergelegt. Niemand, der produktive Wissenschaft treibt, hat jemals im Ernste daran gedacht, mit MACH Naturgesetze als Beziehungen, die gewisse Gruppen von Empfindungskomplexen miteinander verknüpfen, einzuführen und die hypothetischen Glieder theoretischer Schlußketten lediglich als Hilfsparameter, die zuletzt eliminiert werden sollen, aufzufassen. Mehr als das, — die Wissenschaft wird nie darauf verzichten können, von Elementen Gebrauch zu machen, die jenseits der Ontologie des gemeinen Menschenverstandes liegen. Auch die neueste Entwicklung der Atomphysik macht hierin keine Ausnahme. Es möchte scheinen, als hätte HEISENBERG in seinen bahnbrechenden Arbeiten, die einen neuen Aufschwung der Quantentheorie eröffneten, auf alles, was außerhalb der Ontologie des täglichen Lebens liegt, Verzicht geleistet. In der Matrizenmechanik ist tatsächlich von Elektronen, Elektronensprüngen, den Energieniveaus direkt nicht mehr die Rede. Gewisse der Rechnung entspringende Größen werden dort unter wesentlicher Verwendung des Wirkungsquantums h mit den Intensitäten bestimmter Spektrallinien und damit mit der unmittelbaren Erfahrung in Verbindung gebracht. Das Wirkungsquantum ist eine universelle Konstante, wenn man will, weiter nichts als eine Zahl, und mit einer solchen Auffassung könnte man sich, wie unbefriedigend sie auch wäre, zur Not begnügen. Wie steht es aber mit der Intensität einer bestimmten Spektrallinie? Spektrallinien sind als Individuen durch ihre Frequenz charakterisiert. Die experimentelle Bestimmung der Frequenz, die von den Erscheinungen der Interferenz ausgeht, beruht auf den Ergebnissen einer der bekannten klassischen Lichttheorien, und hier treten Elemente, die über die Ontologie des täglichen Lebens hinausgehen, wie z. B. das elektromagnetische Feld, auf. Die elektrische Feldintensität, die im Makroskopischen in bekannter Weise mit Hilfe eines Probekörperchens definiert zu werden pflegt, läßt sich in gleicher Weise im Feld eines Licht- oder Röntgenstrahles nicht erklären, es sei denn, daß man als Probekörperchen diesmal einzelne Elektronen, gewiß Objekte einer sozusagen „höheren“, wissenschaftlichen Ontologie, zuläßt. So wenig eine eindeutige Benennung und damit ein Wiedererkennen einer Spektrallinie ohne Verwendung solcher ontologisch höheren Elemente möglich ist, so wenig kann man ohne dergleichen

an die Definition und die Bestimmung ihrer Intensität, etwa mit Hilfe eines Bolometers, denken, da einer solchen Bestimmung eine Theorie dieses Instrumentes und damit jedenfalls eine Theorie der elektrischen Strömung in Metallen usw. zugrunde liegt. Man denke in diesem Zusammenhang an das Elektron in einem elektromagnetischen Felde, an das Feld im Innern eines Elektrons, an die Energie, die auch in den intraatomaren Verbänden angenommen wird und strengen Erhaltungsgesetzen genügt.

Während die Heisenbergsche Matrizenmechanik durchweg mit reinen Rechnungsgrößen arbeitet, operiert die Schrödingersche, auf den Vorstellungen von DE BROGLIE und EINSTEIN fußende Theorie, die übrigens, wie man weiß, zu denselben, nur anders eingekleideten Gesetzmäßigkeiten führt wie jene, bereits mit Bildern, die einer gewissen räumlichen Interpretation fähig erscheinen. Trotzdem es sich hier um Räume von einer schier unübersehbaren Anzahl von Dimensionen handelt, so empfinden wir doch bei dem Übergang zu der de Broglie-Schrödingerschen Wellenmechanik das Gefühl einer gewissen Erleichterung. So sehr strebt unser Geist, der die Natur verstehen, rationalisieren will, nach Operieren mit räumlichen Kategorien. Nicht Algebra, Geometrie ist es, die er ersehnt. Daß es in der neuesten Entwicklungsphase der Quantentheorie nur in einem sehr bedingten Maße gelingt, diesem Streben entgegenzukommen, ist ein Anzeichen dafür, daß wir uns weit im Gebiet des Irrationalen befinden, daß die Wege der Natur von denjenigen unseres Geistes abweichen. Daß aber auch hier spatiale Bilder, Modelle zu neuen Erkenntnissen führen, daß beispielsweise die de Broglieschen Vorstellungen von der Wellennatur der Materie zu der glänzenden Entdeckung der Beugung und Interferenz von Materiewellen führten, ist demgegenüber wiederum ein Ausdruck für eine teilweise Rationalität der Natur. Die Arbeitshypothesen, die anschaulichen Modelle stellen keinesfalls lediglich ein Gerüst dar, das wir abzubauen haben, sobald eine neue Erkenntnis gewonnen ist. Daß neue Erkenntnisse überhaupt durch Betrachtung von Modellen sich gewinnen lassen, ist ein Ausdruck für eine besondere Struktur des Tatsächlichen. Ein jedes erfolgreiche Modell gibt einen Zug der Wirklichkeit wieder.

Die Wissenschaft hat in ihrer Jahrtausende alten Entwicklung stets nach einer lückenlosen Erklärung der Naturerscheinungen

gesucht. Wie mehrmals betont, ist eine solche nirgends möglich. Sie würde ja, um die Fragen nach dem „Was“ und „Warum“ auszuschalten, eine völlige Uniformisierung der Objekte alles Seins, das Verschwinden jeglicher Änderung, jeglichen Werdens bedingen. Ohne es vielfach zu wissen, erstrebt trotzdem der Wissenschaftler auch heute eine vollkommene Erklärung und führt auf dem Wege nach diesem Ideal immer wieder neue Gesetzmäßigkeiten ein, welche Elemente miteinander verknüpfen, die außerhalb der Ontologie des gemeinen Menschenverstandes liegen. Bedeutet die Meyersonsche Philosophie, indem sie dies festzustellen glaubt, etwa einen Rückfall in die scheinbar längst überwundenen mit „Metaphysik“ belasteten Gedankengänge der alten Physik?

Darauf ist zu erwidern, daß es eine Naturwissenschaft, die keinerlei ontologische Wesenheiten einführt, tatsächlich gar nicht gibt und auch niemals gegeben hat.¹ Es möchte scheinen, daß diejenige mehr phänomenologische Art der Behandlung, wie sie auf S. XXV an dem Beispiel der Hydromechanik angedeutet wurde, frei von jenem Übel sei, da sie mit Ortsfunktionen und nichts anderem als diesen, mithin mit rein mathematischen Symbolen operiert. Es ist übrigens klar, daß sich eine solche Behandlungsart in analoger Weise in verschiedenen anderen Gebieten der Physik, so z. B. in manchen Kapiteln der kinetischen Gastheorie, der Elektrodynamik und Optik, durchführen läßt. Sie ist die einzige, die unserem Bedürfnis nach einer logisch und mathematisch scharfen Darstellung entgegenkommt. Geht man freilich zu der physikalischen Interpretation der einzelnen in unseren Rechnungen auftretenden Größen (Ortsfunktionen) über, so sieht man alsbald das außerhalb der Ontologie des gemeinen Menschenverstandes Liegende in den Molekülen, den Elektronen, in dem elektromagnetischen Felde, der Energie usw. erstehen. Das Gegebene ist eben mehr als eine reine Zahl oder eine Ortsfunktion. Rechnen mit Ortsfunktionen unter völliger Vernachlässigung der Tatsache, daß diese Ortsfunktionen an irrationale Elemente gebunden sind, ist Mathematik und keine Physik, — allerdings eine Mathematik, an der nicht einmal Mathematiker ihre reine Freude haben würden.

¹ MACH, der sich von jeder „Metaphysik“ frei halten, genauer, sich mit der Ontologie des gemeinen Menschenverstandes begnügen wollte, hatte konsequenterweise die Atomistik abgelehnt. Bekanntlich wollte COMTE jede zu weit ins einzelne gehende Erforschung der Natur geradezu verboten wissen.

Der Forderung nach einer Beantwortung des „Was“ kommt die Wissenschaft entgegen, indem sie eine möglichst weitgehende Reduktion der Anzahl der wesentlich verschiedenen Entitäten, geradezu eine Zurückführung aller Objekte auf den undifferenzierten Raum anstrebt. Das „Wie“ einer Naturerscheinung wird von unserem Geiste um so vollkommener erfaßt, je besser sich ihr Verlauf als eine einfache zeitliche Um disposition der räumlichen Anordnung eines Systems starrer Grundelemente denken läßt. Dem tiefsten aller Mysterien, dem Mysterium des „Warum“ aller Gesetzmäßigkeiten, des „Warum“ allen Werdens vermag der menschliche Geist nur bewunderndes Staunen entgegenzubringen. Indem wir von den Fernwirkungstheorien zu den Nahwirkungstheorien übergehen, indem wir inhärente Eigenschaften der Raumzeitmannigfaltigkeit heranziehen, bemühen wir uns, das Schergewicht dieses *Ignorabimus* zu mindern.

MEYERSON steht fest und ohne jede *reservatio mentalis* auf dem Boden der tatsächlichen Erkenntnisse der Wissenschaft. Sie ist ihm in ihrem jetzigen Besitz wie in ihrer historischen Entwicklung sowohl das Objekt der epistemologischen Studien als auch das zugkräftige Mittel, das tief versteckte Eigentümlichkeiten unseres „Denkapparates“ selbst zu ergründen gestattet. Im Gegensatz zu manchem Vertreter der Spezialwissenschaften ist MEYERSON, der ebenfalls von den exakten Wissenschaften ausgeht, voll Bewunderung und tiefster Verehrung für die großen philosophischen Denker der Vergangenheit. Auch wo sie sich in Einzelfällen geirrt hatten, haben sie anregend und befruchtend gewirkt. MEYERSON weist nachdrücklich auf die Gefahren hin, die aus dem mangelhaften Zusammenarbeiten der exakten Wissenschaften und der Philosophie entspringen. Manche Verirrung auf der einen wie auf der anderen Seite hätte vermieden werden können, hätten die Philosophen den bewunderungswürdigen Ergebnissen der exakten Wissenschaft, auch soweit sie die Fragen der allgemeinen Weltanschauung betreffen, hätten die Vertreter der Naturwissenschaft den verehrungswürdigen Ergebnissen der Geistesarbeit großer philosophischer Denker aller Zeiten mehr Verständnis und Achtung entgegengebracht.

Soviel über die leitenden Gedanken der Meyersonschen Epistemologie. Sie gehört, trotz starker Einflüsse deutschen Geistes, ihrer grundsätzlichen Einstellung nach durchaus der französischen Philosophie an. In Frankreich hat sich, im Gegensatz zu Deutschland, der Zusammenhang zwischen der Philosophie und der Naturwissenschaft von DESCARTES über D'ALEMBERT, L. CARNOT, AMPÈRE, A. COMTE, COURNOT, RENOUVIER, G. MILHAUD und andere bis DUHEM und H. POINCARÉ lebendig erhalten. Die Philosophie von MEYERSON ist ein neues, hochbedeutendes Glied dieser Entwicklung.

In unserer mehr systematischen Darstellung fand sich kein Platz für die Belege, die MEYERSON, wie eingangs betont, der Entwicklungsgeschichte der Naturwissenschaften in Hülle und Fülle entnimmt. Die historischen Schilderungen nehmen, gemäß dem Wesen der zugrundeliegenden Forschungsmethode, in der „*Identité et réalité*“, dem Eingangstor in die Theorie, und noch mehr in dem Hauptwerk „*De l'explication dans les sciences*“ einen breiten Raum ein. Sie sind dem Inhalt und der Form nach gleich vollendet. Besonders hervorzuheben ist die meisterhafte Analyse der alten Qualitätstheorien mit Einschluß der Theorie des Phlogistons sowie des großen kartesianischen Systems. Für DESCARTES, LEIBNIZ, LAVOISIER und SADI CARNOT hat MEYERSON eine besondere Verehrung. Sie sind die vier großen Helden seines Gesamtwerkes. Doch auch über die Alten, die Scholastiker, NEWTON, die Männer des Zeitalters der Aufklärung, die deutschen Naturphilosophen weiß er unendlich viel Bedeutsames und Interessantes zu sagen.

Nun noch einige Zeilen über den Inhalt der „*Identité et réalité*“ im einzelnen.

Das Werk beginnt mit einem ausführlichen Kapitel über das Gesetz und die Ursache. Wie wir bereits früher (S. XXIV) gesehen haben, benutzt MEYERSON als synonym mit dem Worte „Erklärung“ Wendungen wie „Ermittelung der Ursachen“ u. dgl. Da eine vollkommene Erklärung, die eine Interpretation der Wirklichkeit als eines unwandelbaren, undifferenzierten Seins bedeuten würde, unmöglich ist, so kann nur von einem dahingehenden Streben die Rede sein, und in diesem Sinne spricht MEYERSON von dem „Prinzip der Kausalität“ als einer dem menschlichen Geist innewohnenden Tendenz, überall das Identische, sich selbst Gleich-

bleibende aufzuspüren. Demgegenüber nennt er das, was gewöhnlich als „Kausalitätsprinzip“ bezeichnet wird, Prinzip der Gesetzmäßigkeit. MEYERSONS Behauptung geht eben dahin, daß der in theoretischen Auseinandersetzungen stillschweigend gebrauchte Begriff der Ursache demjenigen nicht entspricht, den unser Verstand (und zwar sowohl der des Alltagslebens, der „gesunde Menschenverstand“, als auch ganz besonders derjenige, der die Naturwissenschaft erzeugt) bei seinem Wirken in Bewegung setzt. Dieser Begriff der Ursache fällt vielmehr im wesentlichen mit demjenigen von LEIBNIZ zusammen und hat in erster Linie als Ausdruck für die Unveränderlichkeit in der Zeit zu dienen. Die Auffindung der Ursache¹ einer Erscheinung, die, es versteht sich von selbst, nur eine teilweise sein kann, ist mit der Feststellung identisch, daß bei einer passenden Zergliederung, einer geeigneten „Durchleuchtung“ sich letzten Endes herausstellt, nichts habe sich in „Wahrheit“ ereignet, außer daß höchstens die räumliche Disposition einzelner „Bestandteile“, gewisser „Grundelemente“ anders geworden sei. Die ganze Bedeutung dieses für die Philosophie MEYERSONS fundamentalen Begriffes der Ursache lernen wir in den ersten fünf Kapiteln allmählich kennen, worauf in dem großen Kapitel über das Carnotsche Prinzip der „Identität“, als Ausdruck der unserem Geiste immanenten Tendenz überall nach dem Unveränderlichen, Konstanten zu forschen, die „Wirklichkeit“, die nur ein Werden, kein Beharren kennt, gegenübergestellt wird.

Doch zurück zu dem Anfang des Werkes! In dem zweiten Kapitel lernen wir als ein klassisches Modell einer „ursächlichen“ Erklärung (MEYERSON spricht seiner Grundauffassung gemäß meist von einer „Erklärung“ schlechthin) die mechanistischen Theorien der Atomistik in ihrer geschichtlichen Entwicklung kennen, — zugleich auch die ihnen innewohnenden Antinomien. Es folgen (Kap. III bis V) Ausführungen über das historische Werden und den Charakter der großen Erhaltungsprinzipie: des Prinzips der Trägheit, der Erhaltung der Materie und der Energie. Es handelt sich dabei geradeso sehr um die Feststellung, daß bei dem Zustandekommen jener großen Erhaltungsgesetze der „kausale Trieb“, der unbezähmbare Wunsch unseres Intellekts, in allem, was uns als im Fluß befindlich

¹ MEYERSON spricht in diesem Zusammenhang von „*causalité scientifique*“.

erscheint, etwas Beharrendes zu entdecken, eine große Rolle spielte, als auch um die Vorführung der Meyersonschen Forschungsmethode in ihrer Wirksamkeit. Daher die breite, behagliche, fast episch zu nennende äußere Form der Erzählung.

In dem VI. Kapitel, das von der Elimination der Zeit handelt, wird die kausale Tendenz auf die Spitze getrieben. Eine Erscheinung erklären heißt in „Wahrheit“ vor allem eine Änderung in der Zeit negieren, die Zeit eliminieren. Doch ist auch jede Diversität im Raume unfassbar, also fordert unser Geist Einheit aller Materie (Kap. VII). Eine vollkommen intelligible Welt würde sich in ein Nichts auflösen, da sie weder ein Geschehen noch eine Diversität im Raume zuläßt. Sie ist also unmöglich. In einem imposanten Bilde zeigt MEYERSON, wie der Laplacesche Urnebel sich einem solchen undifferenzierten Sein nähert und diesem Umstande seine erklärende Kraft verdankt.

Es folgt ein grundlegender Abschnitt über das Prinzip von CARNOT (VIII. Kap.), — die Spannung steigert sich. Es gibt kein unwandelbares Sein, es gibt auch keinen reversiblen Vorgang, und damit lernen wir einen neuen Zug der Irrationalität in der Natur kennen. Wir sind an dem Höhenpunkt des Werkes, dem großen Kapitel IX über das Irrationale angelangt.

Daß die Natur nicht restlos rational, nicht vollkommen faßbar ist, gibt man willig zu, ohne darüber weiter nachzudenken. Es sei denn, daß man sich entschließt, in einer jeden naturwissenschaftlichen Frage, die zu einer Antinomie führt, grundsätzlich ein falsch gestelltes Problem zu sehen. Die kraftvollen, tiefdurchdachten Ausführungen MEYERSONS lassen uns die fundamentale Tatsache, daß es in der Natur Irrationales in vielerlei Gestalten gibt, wahrhaft *erleben*. Was für unseren Geist faßbar ist, ist letzten Endes durch das Prinzip der Identität bestimmt. Der Darstellung verschiedener Äußerungen dieses Prinzips auf dem Gebiete nicht-mechanischer Theorien, — in den qualitativen Theorien der Alchimisten und der Ostwaldschen Naturphilosophie —, ist das nächstfolgende X. Kapitel gewidmet. Aber auch in der Ontologie des gemeinen Menschenverstandes (Kap. XI) begegnen wir ihm auf Schritt und Tritt wieder. In dem umfangreichen XII. Kapitel werden aus der vorangehenden Analyse erkenntnistheoretische Schlüsse gezogen, so namentlich über die möglichen Beziehungen zwischen dem Prinzip der

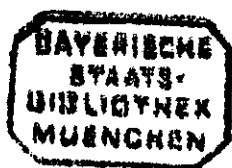
Gesetzmäßigkeit und demjenigen der Identität. Eine Anzahl Anhänge von selbständigem historischen Interesse beschließen das Werk.

„*Identité et réalité*“ ist erstmalig 1908, in einer zweiten Auflage 1912, also noch vor dem entscheidenden Ausbau der allgemeinen Relativitätstheorie und der Quantentheorie erschienen. Diesen neueren Ergebnissen wird in „*De l'explication dans les sciences*“ und namentlich in „*La déduction relativiste*“ Rechnung getragen. Es erschien dem Verfasser nicht als angemessen, den Text des vorliegenden Werkes bei späteren Neuauflagen und den Übersetzungen in fremde Sprachen zu ändern. Dies um so mehr, als seine Resultate, die sich vor allem auf die historische Analyse der Vergangenheit gründen, von der neueren Entwicklung der Wissenschaft in keiner Weise berührt werden. Durch gelegentliche Hinweise auf spätere Ergebnisse hat der Verfasser bei der dritten, 1926 erschienenen Auflage dem Leser den Anschluß an den jetzigen Stand positiven Wissens erleichtert. Dieselbe Aufgabe haben einige von mir abgefaßten, mit Ltn gezeichneten Fußnoten zu erfüllen.

Der Verfasser hat es mit großem Geschick verstanden, seine Darlegungen, die eine vertiefte Kenntnis der Lehren der exakten Naturwissenschaften, vor allem der Physik voraussetzen, von mathematischen Formeln freizuhalten. Er hat damit den Zugang zu seinen Werken auch denjenigen Lesern ermöglicht, die der Mathematik gewohnheitsmäßig Gefühle von Respekt und Abneigung entgegenbringen. Manche Einzelausführung hätte demgegenüber an Kürze und Prägnanz gewonnen, wenn sich der Verfasser eine solche Beschränkung nicht auferlegt hätte. Und so sei mir zum Schluß die Hoffnung gestattet, es möchte recht bald ein Kommentar zu den Werken von MEYERSON erscheinen, in dem unter freier Verwendung des mathematischen Apparats und darum um so plastischer der ganze Reichtum seiner Ideen zur Darstellung gelangen würde. So mancher wertvolle Fund würde dabei aus der Tiefe ans Tageslicht kommen.

Leipzig, im November 1929.

LEON LICHTENSTEIN



ERSTES KAPITEL

Gesetz und Ursache

Eine Erscheinung hat unsere Aufmerksamkeit erregt. Im ersten Augenblick erschien sie uns rätselhaft. Wir haben sie untersucht und erklären sie uns jetzt. Wir kennen ihre Ursache.

Was bedeuten eigentlich diese Ausdrücke? Was ist eine wissenschaftliche Erklärung? Was ist die Ursache, die wir erforscht haben?

Darauf hat BERKELEY vor zwei Jahrhunderten eine präzise Antwort gegeben:¹ „Sind die Gesetze der Natur einmal entdeckt,“ sagt der berühmte idealistische Philosoph, „so muß der Philosoph hinterher zeigen, daß aus der ständigen Beobachtung dieser Gesetze, d. h. aus diesen Prinzipien, eine beliebige Erscheinung notwendig folgt: das bedeutet Erscheinungen erklären und auflösen und ihre Ursache, d. h. den Grund ihres Auftretens, angeben.“ Aus dem Zusammenhang ersieht man, daß BERKELEY die Gesetze und Prinzipien, von denen an dieser Stelle die Rede ist, als experimentelle (*experimentis comprobatae*) ansah.

Also die Ursache einer Erscheinung, das ist das Gesetz, die empirische Regel, welche die ganze Klasse von ähnlichen Erscheinungen beherrscht. Diese Regel gibt uns an, daß die und die Gruppe von Erscheinungen die und die andere Gruppe nach sich zieht. Da wir nur in der Zeit, sukzessive, beobachten können, so läuft in Wirklichkeit das empirische Gesetz auf ein Gesetz der Sukzession von Erscheinungen hinaus. Infolgedessen ist diese Formulierung von BERKELEY gleichbedeutend mit derjenigen, die ein wenig später

¹ BERKELEY, *De motu*, Works, ed. Fraser, Oxford 1871, Bd. III, § 37: *Nam inventis semel naturae legibus, deinceps monstrandum est philosopho, ex constanti harum legum observatione, hoc est, ex iis principiis phenomenon quodvis necessario consequi: id quod est phaenomena explicare et solvere, causamque, id est rationem cur fiant, assignare.* — Es handelt sich hier nicht um eine bei BERKELEY isoliert stehende Äußerung; er ist auf diese Frage zu wiederholten Malen zurückgekommen; vgl. besonders *A Treatise concerning the Principles of Human Knowledge*, Works, Bd. I, § 62, 105.

HUME ausgesprochen hat, nämlich daß der Begriff der Kausalität sich auf den der Sukzession zurückführen läßt.¹

Der Ausspruch BERKELEYS ist später sehr oft wieder aufgenommen worden. Ein Stein hat die Tendenz zu fallen, sagt uns TAINE, „weil“ alle Gegenstände diese Tendenz haben.² HELMHOLTZ schreibt: „Ich habe mir erst später klar gemacht, daß das Prinzip der Kausalität nichts anderes sei als die Voraussetzung der Gesetzlichkeit aller Naturerscheinungen“.³ HANNEQUIN erklärt gleichfalls, daß „die Ursache einer Tatsache suchen für den Physiker dasselbe ist wie ihr Gesetz zu suchen“.⁴ Und OSTWALD formuliert das Kausalitätsprinzip folgendermaßen: „Daß bei Herstellung derselben Voraussetzungen auch derselbe Ablauf eintritt.“⁵ Eine Formulierung, die sich, wie man sieht, der Ansicht von HUME stark nähert.

Es findet hier also eine vollständige Gleichsetzung zwischen den beiden Begriffen der *Ursache* und des *Gesetzes* statt, wobei der zweite den ersten ganz in sich aufnimmt. Aber auch die entgegengesetzte Tendenz hat sich zuweilen geltend gemacht, indem man versucht hat, den Begriff des Gesetzes dem der Ursache unterzuordnen. So erklärt LUKREZ, nachdem er einen Satz ausgesprochen hat, der wie wir später sehen werden, eine der Formen des Kausalitätsprinzips ist, wenn man ihn nicht annehme, sei man gezwungen, auf jede Regelmäßigkeit in der Natur zu verzichten. „Dieselben Früchte würden nicht immer auf denselben Bäumen wachsen, sondern sie würden ohne Unterlaß wechseln, und jeder Baum würde alle Arten Früchte tragen“.⁶ Und achtzehn Jahrhunderte später drückt sich JOHANN BERNOULLI ebenso aus, wenn er sagt, daß, wenn man das Kausalitätsprinzip verwirft, „die ganze Natur in Unordnung gerät“.⁷

¹ HUME, *Eine Untersuchung über den menschlichen Verstand*, Ausgabe d. Phil. Bibl. Leipzig 1907, S. 90—93.

² TAINE, *De l'intelligence*, Paris 1869, Bd. II, S. 403—404.

³ HELMHOLTZ, *Über die Erhaltung der Kraft* (Wissenschaftliche Abhandlungen, Leipzig 1882), S. 68.

⁴ HANNEQUIN, *Essai critique sur l'hypothèse des atomes dans la science contemporaine*. Paris 1895, S. 8.

⁵ OSTWALD, *Vorlesungen über Naturphilosophie*, Leipzig 1902, S. 302.

⁶ LUKREZ, *De natura rerum*. Buch I, Vers 160 u. f.

⁷ JEAN BERNOULLI, *Discours sur les lois de la communication du mouvement*, Oeuvres, Lausanne et Genève, 1742, Bd. III, S. 58. — Dieselbe Deduktion wird im Zusammenhang mit dem Prinzip der Erhaltung der Materie sehr klar von KOZŁOWSKI dargelegt. Bibliothèque du Congrès de philosophie, Paris 1901, Bd. III, S. 536. Vgl. auch weiter unten S. 456.

Man sollte meinen, daß eine solche Gleichsetzung nur zu erklären wäre, wenn zwischen den beiden Begriffen des Gesetzes und der Ursache eine wirkliche logische Identität bestände: wenn, m. a. W., die beiden Ausdrücke synonym wären. Jedermann weiß, daß dem nicht so ist. Es ist jedoch wichtig, diese Frage weiter zu klären.

Wenden wir uns noch einmal zu der Helmholtzschen Formulierung und betrachten wir sie als das, was sie wirklich ist, nämlich als einen Ausdruck für das Prinzip, nicht der Kausalität, sondern der *Gesetzmäßigkeit*.¹

Wie gelangen wir zur Formulierung von Gesetzen? Durch Beobachtung und Verallgemeinerung von Erscheinungen. Das Verallgemeinerungsvermögen des menschlichen Geistes hat zu allen Zeiten das Interesse der Philosophen stark in Anspruch genommen. Das ist jedoch ein Kapitel der Logik, das wir hier ganz beiseite zu lassen beabsichtigen. Wir nehmen als gegeben an, daß der menschliche Geist die Fähigkeit besitzt, auf Grund der Wahrnehmung verschiedener Individuen den Begriff „Mensch“ und ebenso auf Grund der Wahrnehmung verschiedener Stücke eines gelben brennbaren usw. Stoffes den Begriff „Schwefel“ zu bilden. Das Prinzip der Gesetzmäßigkeit der Natur setzt offenbar die Bildung solcher Begriffe voraus; denn angesichts der unendlichen Verschiedenheit der Erscheinungen würden wir andernfalls gar keine Regeln aufstellen können, und wenn wir selbst welche aufgestellt hätten, so würden

¹ Was wir hier mit „Gesetzmäßigkeit“ bezeichnen [der Ausdruck ist dem HELMHOLTZ'schen Ausdruck „Gesetzlichkeit“, dessen Tragweite freilich nicht ausreichend definiert wurde, nachgebildet] entspricht ungefähr dem, was KROMAN (*Unsere Naturerkenntnis*, Übers. v. Fischer Benzon, Kopenhagen 1883) als „Kausalität“ bezeichnet, ebenso wie unser Begriff der „wissenschaftlichen Kausalität“ sich dem Begriff der „Identität“ desselben Verfassers nähert. Allerdings scheint KROMAN manchmal die wahren Grenzen des ersten dieser beiden Begriffe zu verkennen (vgl. z. B. S. 204, wo er ihn ebenso wie HELMHOLTZ mit dem Postulat der Begreiflichkeit verwechselt; S. 211 f., wo er aus ihm die Existenz des Noumenon ableiten möchte; vgl. auch S. 22, 195 f., 199, 250). Er leitet den zweiten aus dem ersten auf Grund eines ähnlichen Irrtums ab, wie wir ihn bei HELMHOLTZ und HERTZ nachweisen. (Vgl. weiter unten S. 208 u. 225). — Die von KOZŁOWSKI (*Revue philosophique*, 1905, S. 250) formulierten Begriffe der „empirischen“ und der „rationalen Kausalität“ haben mit den unsrigen weniger zu tun; denn dieser Verfasser benutzt einerseits den Ausdruck „rational“ zur Bezeichnung dessen, was einfach der Regel gemäß, also nach unserer Bezeichnungsweise „gesetzmäßig“ ist (vgl. *Psychologiczne źródła* Warschau 1899, S. 11, *Revue philosophique*, Okt. 1906, S. 407), und andererseits impliziert bei ihm der Begriff der Kausalität den des nicht umkehrbaren Werdens (*Przegląd filozoficzny*, 1906, S. 200, 204).

sie uns ohne das Vermögen der Verallgemeinerung zu nichts nütze sein.

HELMHOLTZ bezeichnet, wie wir soeben gesehen haben, die Gesetzmäßigkeit als „Voraussetzung“; aber in gewissen Hinsichten ist sie viel mehr als das: sie ist eine echte Überzeugung, und zwar vielleicht die stärkste, die wir überhaupt zu hegen imstande sind. In der Tat sind alle unsere bewußten Handlungen Zweckhandlungen, d. h. sie werden im Hinblick auf ein von uns vorausgesehenes Ziel vollzogen; nun aber wäre eine solche Voraussicht völlig unmöglich, wenn wir nicht unbedingt davon überzeugt wären, daß der Lauf der Natur geordnet ist, daß die und die Antezedentien die und die Konsequentien bestimmen und immer bestimmen werden. AUGUSTE COMTE hat das folgendermaßen zusammengefaßt: „Wissenschaft, daher Voraussicht, Voraussicht, daher Handlung.“¹

Man hat zuweilen behauptet, diese Überzeugung gründe sich ausschließlich auf die Erfahrung. Das erscheint aber schwer vorstellbar. Freilich kann man rein *in abstracto* Beobachtung und Handlung vollständig trennen und einen Typus der Beobachtung konstruieren, dem jedes aktive Element fehlt. Denkt man aber an die Art, wie unsere Sinnesorgane funktionieren, an die elementaren absichtlichen oder halbabsichtlichen Akte, die dazu erforderlich sind, wie z. B. das Drehen der Augen, das Bewegen der Hände, so kommen einem Zweifel daran, ob diese Trennung in Wirklichkeit möglich sei, besonders aber daran, daß es in der Natur jemals eine Periode der reinen Beobachtung gegeben haben sollte, die der des Handelns vorausgegangen wäre und in der die Überzeugung sich hätte bilden können, daß in der Natur Ordnung herrscht. Es ist vielmehr gewiß, daß der Urmensch, mag man ihn sich auch so tierähnlich vorstellen, wie man will, von dieser Überzeugung durchdrungen war, da er ja handelte; und selbst das Tier handelt, woraus folgt, daß sein Verstand in dieser Hinsicht von dem unsrigen nicht grundverschieden sein kann; es sei denn, man betrachtete es mit DESCARTES als eine bloße Maschine oder man nähme an, daß es alles bloß aus Instinkt tue. Der Hund versteht, das ihm zugeworfene Stück Fleisch im Fluge zu erhaschen; Beweis genug, daß er im voraus die Bahn kennt, die der fallende Körper beschreiben wird; ohne Zweifel erscheint sie ihm, genau wie uns, als eine Art, sich zu

¹ COMTE, *Cours de philosophie positive*. 4. Aufl., Paris 1877, Bd. I, S. 51.

verhalten, die dem unter bestimmten Bedingungen geworfenen Körper eigentümlich ist; d. h. sie erscheint ihm als *Gesetz*. GOETHE hat es gesagt: „Im Anfang war die Tat.“

Freilich ist das Vermögen zu verallgemeinern und zu erforschen beim Hunde außerordentlich beschränkt. Daher vermag er nur eine sehr begrenzte Zahl von Erscheinungen vorauszusehen. Der Ur-mensch war ihm darin schon ungemein überlegen. Allerdings bezogen sich seine auf die Überzeugung von der Gesetzmäßigkeit gegründeten Voraussichten nur auf einen Teil der Natur; sehr viele Erscheinungen standen für ihn außerhalb jeder Regel und erschienen ihm als Ausfluß der Willkür unsichtbarer Mächte. Mag man aber den Bereich dieser Vorstellung auch als noch so ausgedehnt annehmen, sicher hat er doch stets nur den geringsten Teil der Erscheinungen des täglichen Lebens umfaßt, die große Mehrzahl dieser Erscheinungen muß immer als rein gesetzmäßig aufgefaßt worden sein. ADAM SMITH hat einmal darauf hingewiesen, daß es bei keinem Volke jemals einen Gott der Schwere gegeben habe.¹

Der Fortschritt der Wissenschaft hatte die natürliche Folge, daß das Reich des Wunders immer mehr eingeschränkt wurde. Die Wissenschaft ist, wie H. POINCARÉ treffend gesagt hat, „eine Regel des Handelns, die Erfolg hat“.² Wo unsere Vorfahren nichts als Wunder sahen, die sich jeder Voraussicht entzogen, unterscheiden wir mehr und mehr das Walten strenger Gesetze. Doch wie ausgesprochen dieser Fortschritt auch sein mag, wir müssen uns trotzdem die Frage vorlegen, ob er genügt, um die Überzeugung von der Gesetzmäßigkeit auch nur bei dem heutigen Menschen zu erklären. Die Zahl der Erscheinungen, deren Regel wir kennen, ist notwendigerweise verschwindend gering im Vergleich zu derjenigen der ganzen Natur, denn die erste ist endlich, die zweite aber unendlich; jeder Schluß, der von bekannten Erscheinungen ausgehend die ganze Natur umfaßt, erscheint also vom Standpunkt der Logik aus als hinfällig. Dieser Umstand erklärt ohne Zweifel die Tatsache, daß Philosophen, die allein von diesem Standpunkt aus urteilten, manchmal an der absoluten Herrschaft der Gesetzmäßigkeit

¹ Bekanntlich hat COMTE dieses Beispiel häufig benutzt; es ist in der Tat ausgezeichnet gewählt. Vgl. LÉVY-BRUHL, *La philosophie d'Auguste Comte*, 2. Aufl., Paris 1905, S. 49.

² POINCARÉ, *La valeur objective de la science*. Revue de Métaphysique, Bd. X, 1902, S. 265.

in der Natur zu zweifeln schienen. Das schlagendste Beispiel hierfür bildet AUGUSTE COMTE. Dieser glaubte, daß „die Naturgesetze, die eigentlichen Objekte unseres Forschens, in keinem Falle mit einer zu sehr ins einzelne gehenden Untersuchung vereinbar bleiben würden“.¹ Es handelt sich bei ihm, wie man sieht, nicht etwa um dieses oder jenes einzelne Gesetz, das er mangels eines besseren vorläufig aufrecht erhalten möchte, obgleich er weiß, daß es nur angenähert gilt, sondern vielmehr um *das Gesetz*, d. h. um die Gesetzmäßigkeit der Natur im allgemeinen. COMTE glaubt nicht etwa, daß es hinter jenem Gesetz ein besseres geben könnte, das zwar komplizierter wäre, sich aber dafür den Erscheinungen genauer anpaßte, sondern er ist überzeugt, daß wir durch eine zu weit ins Einzelne gehende Untersuchung Erscheinungen kennen lernen würden, die sich jeder Regel und jedem Gesetz entziehen. Daher verbietet er auch streng alle solchen Untersuchungen; er häuft die Ausdrücke des Tadels, wenn er von den Arbeiten mit allzu genauen Meßinstrumenten spricht, und nennt sie „unzusammenhängend und unfruchtbar“ und spricht in dieser Beziehung von einer „stets eitlen und schwere Verwirrung stiftenden Neugierde“ und an anderer Stelle von einer „knabenhaften Neugierde, die von eitlen Ehrgeiz angestachelt wird“. Laut erhebt er Einspruch gegen den „Mißbrauch des Mikroskops und das übertriebene Vertrauen, das man immer noch zu häufig einem so zweideutigen Untersuchungsmittel entgegenbringt“. Und er zögert nicht gegen „die aktive Desorganisation“, von der ihm das System der positiven Erkenntnis durch solche Versuche bedroht scheint, den weltlichen Arm der zukünftigen „echten Herrschaft der Philosophen“ anzurufen.²

¹ COMTE, a. a. O., Bd. VI, S. 637 f.

² Vgl. a. a. O. Bd. III, S. 369, Bd. VI, S. 596. Besonders verdammenwert erschienen COMTE die Untersuchungen der Biologen, die zur Entdeckung der Zelle geführt haben (er bezeichnete diese verächtlich als „wahre organische Monade“), sowie diejenigen REGNAULTS über die Abweichungen von dem Mariotteschen Gesetz. Nach der Ansicht von LÉVY-BRUHL (a. a. O. S. 111) glaubte COMTE dennoch, daß jene Erscheinungen Gesetzen unterworfen seien, daß aber diese Gesetze nur höheren Geistern als uns zugänglich seien. In der Tat finden sich Stellen, die eine solche Deutung zuzulassen scheinen (vgl. z. B. *Cours*, Bd. VI, S. 640). Wie dem aber auch sei, da COMTE jedenfalls eine nicht nur zeitliche, sondern dauernde Grenze setzte, die sich aus der Natur des menschlichen Geistes selbst ergibt, so läuft diese Auffassung auf dasselbe hinaus, wie die im Text dargestellte. Da das Gesetz sicherlich eine subjektive Konstruktion ist, so ist die Behauptung, daß es uns ewig un erreichbar bleiben muß, gleichbedeutend mit der Leugnung seiner Existenz. — Später hat COMTE, durch SCHWANN'S Entdeckungen belehrt, die Arbeiten

Wir werden später sehen, woher bei COMTE diese Ansichten stammten. Man hat nun ganz mit Recht hervorgehoben, daß die Wissenschaft seitdem die gerade entgegengesetzte Richtung eingeschlagen hat; sie kümmert sich nicht um die Anweisungen des Begründers des Positivismus, sondern untersucht unermüdlich immer feinere Erscheinungen und stellt immer genauere Messungen an; ihre ständige Sorge gilt der Vervollkommnung ihrer Untersuchungsmittel, darunter besonders des Mikroskops und des Thermometers, die beide COMTE so verhaßt waren und die doch seither weit über die damaligen Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit hinaus verfeinert worden sind. Um jedoch ganz zu erfassen, wie wenig eigentlich COMTES Gedanken den Prinzipien entsprechen, die in Wirklichkeit die Entwicklung der Wissenschaft beherrschen, muß man sich klar machen, daß trotz der großen Verbreitung der Werke COMTES und des Ansehens, das sie genießen, niemals irgendein Naturforscher versucht hat, im Laufe seiner Forschungen die fraglichen Prinzipien zu befolgen. Ohne Zweifel kann ein Forscher sich angesichts einer gewissen Gruppe von Erscheinungen fragen, ob die Ergebnisse, die ihm zur Verfügung stehen, zusammen mit denen, die er mit Hilfe seiner Forschungsmittel erreichen kann, genügen werden, um die Gesetze der betreffenden Erscheinungen zu entdecken; aber noch niemals hat sich ein Physiker, ein Chemiker oder ein Astronom gefragt, ob die Erscheinungen, die er untersuchen will, überhaupt Gesetzen unterworfen seien. Niemals hat ein Naturforscher, der dieses Namens würdig gewesen wäre, daran gezweifelt, daß die gesamte Natur bis in ihre innersten Fasern der Gesetzmäßigkeit unterliegt. Ein Zweifel in dieser Hinsicht hätte, wie LÉCHALAS mit Recht hervorgehoben hat,¹ genügt, um jede Untersuchung zum Stillstand zu bringen.*

über die Zelle gerechter gewürdigt (*Politique positive*, Bd. I, S. 649). Im Gegensatz dazu ist es interessant, festzustellen, daß noch 1878, d. h. zu einer Zeit, da die Nützlichkeit von REGNAULTS Untersuchungen längst erwiesen war, P. LAFFITE, der autorisierte Schüler COMTES, das Verdammungsurteil seines Meisters wiederholt hat, indem er REGNAULT als „akademischen Auf-rührer“ bezeichnete (*Revue occidentale*, Bd. I, 1878, S. 288).

¹ G. LÉCHALAS, *Les confins de la science et de la philosophie*. *Revue des questions scientifiques*, XIX, 1901, S. 505. — Es ist wohl kaum nötig, daran zu erinnern, daß bei KANT der Begriff der Erfahrung eine strenge Ordnung im Reich der Erscheinungen voraussetzt (vgl. besonders *Kritik der reinen Vernunft*, Ausg. Kirchmann, S. 215, 229).

* Dem könnte entgegengehalten werden, daß in der modernen Physik Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen eine immer größere Rolle spielen und

Ist diese Denkweise nun aber vielleicht eine Eigentümlichkeit des Naturforschers oder des in seiner Schule aufgewachsenen modernen Menschen? Sicher nicht, wir haben ja im Gegenteil gesehen, daß sie nicht durch Erfahrung erworben sein kann, daß die Erfahrung sie auch heute nicht rechtfertigt und sie niemals rechtfertigen wird; und andererseits scheint es, daß auch der primitive Mensch, ja sogar das Tier, überall, wo sie sich der toten Natur allein gegenüber zu befinden wähnen, wo sie also nicht mit dem Eingreifen der Willkür eines lebenden Wesens rechnen, in dieser Hinsicht ganz ähnliche Ansichten hegen wie wir. Welches ist denn nun die Quelle dieser Überzeugung, wie kommt es, daß wir so unbedingt an den Wert der Gesetze glauben und ihre Existenz auch da voraussetzen, wo wir noch keine zu formulieren vermocht haben?

Um das zu verstehen, brauchen wir uns nur zu erinnern, daß die Voraussicht für das Handeln unentbehrlich ist. Nun ist aber das Handeln eine unbedingte Notwendigkeit für jeden Organismus aus dem Tierreiche. Umgeben von einer feindlichen Natur, *muß* er handeln, *muß* er voraussehen, wenn er leben will. „Alles Leben, alles Handeln,“ sagt FOUILLÉE, „ist ein bewußtes oder unbewußtes Vorausahnen: ahne voraus oder du wirst verschlungen!“¹ Ich habe also gar nicht die Wahl, an die Voraussicht, d. h. an die Wissenschaft, zu glauben oder nicht daran zu glauben. Wenn ich leben will, so *muß* ich daran glauben; demnach ist es gar nicht so erstaunlich, daß diese Überzeugung, die unmittelbar auf dem mächtigsten Instinkte der Organismen, dem Selbsterhaltungstrieb, beruht, sich mit einer ganz besonderen Kraft geltend macht.

die neueste Entwicklung der Quantentheorie zu ernsten, keinesfalls abgeschlossenen Diskussionen über „Gesetzmäßigkeit oder Zufall“ im Unendlichkleinen, d. h. in der Welt der Atome und ihrer Bestandteile geführt hatte. (Man vergleiche bsp. den Aufsatz von N. BOHR, *Wirkungsquantum und Naturbeschreibung*, Die Naturwissenschaften, Bd. 17, 1929, S. 483—486). Sollte die Entscheidung, wie es sehr wohl möglich ist, zugunsten des „Zufalls“ fallen, so wären die Behauptungen des Verfassers auf die „Massenerscheinungen“ zu beschränken und seine Definition, die exakten Naturwissenschaften umfassen alle strengen Gesetzmäßigkeiten unterworfenen Erscheinungen, dahin zu erweitern, daß unter „Gesetzmäßigkeiten“ auch die den „Zufall“ in Massenerscheinungen regelnden Gesetzmäßigkeiten zu verstehen seien. Übrigens bedient sich der Verfasser im weiteren Verlaufe seiner Ausführungen öfter selbst stillschweigend dieser erweiterten Definition. Ltn.

¹ A. FOUILLÉE, *Les origines de notre structure etc.* Revue Phil. XXXII, 1891, S. 576.

Aber haben wir den Bereich der Wissenschaft nicht dadurch verengert, daß wir diese durch ihre Nützlichkeit für das Handeln definiert haben? Zu allen Zeiten war der Forscher, der sich mit nicht unmittelbar nutzbaren Untersuchungen abgab, für den Pöbel eine Zielscheibe des Spottes; und sicherlich arbeiten in diesem Augenblick viele Physiker, Chemiker, Geologen usw. an Problemen, deren Lösung scheinbar gar keine praktische Bedeutung hat. Sind solche Untersuchungen deshalb unberechtigt?

[AUGUSTE COMTE war der Ansicht, daß es auch von dieser Seite her eine Grenze gebe, daß gewisse Untersuchungen vollständig nutzlos und übrigens zugleich von vornherein zur Unfruchtbarkeit verdammt seien; dazu sollten z. B. die Forschungen über den physikalischen Aufbau der Sterne gehören.] Auf folgende Weise leitet COMTE die Existenz dieser Grenze ab:

„Es gibt in allen Klassen unserer Forschungen und unter allen großen Gesichtspunkten eine beständige und notwendige Harmonie zwischen dem Studium unserer wahren intellektuellen Bedürfnisse und der effektiven gegenwärtigen oder zukünftigen Tragweite unserer wirklichen Kenntnisse. Diese Harmonie . . . folgt einfach aus dieser evidenten Notwendigkeit: einerseits brauchen wir nur die Dinge zu kennen, die auf uns in mehr oder weniger unmittelbarer Weise wirken können, und andererseits wird dieser Einfluß selbst, durch sein bloßes Dasein, für uns früher oder später ein sicheres Mittel der Erkenntnis“.¹

Man kann füglich daran zweifeln, ob COMTES Beweis selbst unter Voraussetzung seiner Definition der Wissenschaft schlüssig sei. Der ganzen Überlegung liegt nämlich das Postulat zugrunde, daß wir imstande seien, im voraus zu entscheiden, „was auf uns in mehr oder weniger unmittelbarer Weise wirken kann“, d. h. die Kenntnisse, von denen zu erwarten ist, daß sie uns von Nutzen sein werden, von denen zu scheiden, die uns niemals irgendwie dienlich sein können. Wenn dem nämlich nicht so wäre, so wäre die von COMTE aufgestellte Unterscheidung sinnlos, da sie uns nicht erlauben würde, irgendeine Grenze zu ziehen. Nun ist aber leicht einzusehen, daß das Postulat nicht haltbar ist. In seinen Beziehungen zu uns ist das Weltall ein Ganzes; alle seine Teile müssen miteinander in Wechselwirkung stehen, und jeder kann, mittelbar

¹ COMTE, *Cours*, Bd. II, S. 11. Vgl. daselbst S. 6—8.

oder unmittelbar, auf uns wirken. Ein Teil des Weltalls, der zu uns in keiner irgendwie gearteten Beziehung stünde, wäre nicht etwas, „das zu kennen wir kein Bedürfnis hätten“, wie COMTE meint, sondern etwas, das wir nicht kennen würden, ja dessen Dasein wir uns gar nicht vorstellen könnten, mit anderen Worten etwas nicht bestehendes.

LE DANTEC hat bei dem Versuch, die Vorschrift COMTES genauer zu fassen, das sehr passende Beispiel einer Welt gefunden, die in einer Ätherkugel eingebettet ist, die von unserer Welt durch ein das Licht nicht übermittelndes Medium getrennt wäre.¹ In der Tat würden wir, wenn dieses Medium auch keine andere Art von Wirkung, nicht einmal die Gravitation durchließe, sicherlich niemals die Existenz einer solchen Welt erfahren.

In dem speziellen von COMTE angeführten Falle des physikalischen Baus der Sterne wissen wir, daß er sich über die Tatsachen getäuscht hat: die Spektralanalyse, die nur einige Jahrzehnte nach dem Erscheinen des *Cours de Philosophie positive* entdeckt wurde, hat ihn in diesem Punkte in auffälliger Weise Lügen gestraft. Aber ist auch nur soviel wahr, daß diese Kenntnisse unter dem Gesichtspunkt des praktischen Nutzens unfruchtbar bleiben müssen? Was wissen wir darüber? Könnten sie uns nicht Daten über die Entstehung der Himmelskörper enthüllen, und könnten wir aus diesen Daten nicht wiederum Schlüsse auf die Vorgänge im Innern der Sonne oder gar der Erde ziehen, wohin wir nur schwer gelangen können, während wir doch andererseits im Hinblick auf die Zukunft ein Interesse daran haben, zu wissen, was dort vorgeht? Ist es unvorstellbar, daß wir aus ihnen Erkenntnisse über die Konstitution der Materie schöpfen? Vermutungen dieser Art sind in der Tat bereits ausgesprochen worden, und niemand kann wissen, ob sie nicht bestimmt sind, in der Wissenschaft von morgen eine Umwälzung herbeizuführen. So manche Erscheinung, die uns im Augenblick unendlich fernliegend erscheint, kann uns morgen Beziehungen enthüllen, deren Kenntnis uns von unmittelbarstem Nutzen sein wird.

COMTE selbst war nicht immer so schlecht beraten wie bei der Formulierung des oben wiedergegebenen Verbotes und dem Versuch, es zu begründen; denn er hat für das soeben Gesagte ein schlagendes

¹ F. LE DANTEC, *Les limites du connaissable*, Paris, 1903, S. 98—99.

Beispiel beigebracht, als er mit CONDORCET darauf hinwies, daß der Seemann von heute, der astronomische Ortsbestimmungen vornimmt, sich mathematische Entdeckungen über die Kegelschnitte zunutze macht, die wir griechischen Mathematikern verdanken, die vor zwanzig Jahrhunderten gelebt haben;¹ es ist aber wohl sicher, daß diese eine solche Nutzenanwendung nicht voraussehen konnten.

So kann man also von einem utilitaristischen Standpunkt aus die ganze Wissenschaft rechtfertigen, einschließlich der Untersuchungen über die physikalische Natur der Sterne, freilich nur so weit, als das einzige Ziel der Wissenschaft in der Erkenntnis der Beziehungen zwischen den Erscheinungen und der sie beherrschenden Regeln und Gesetze besteht. Das scheint übrigens die ziemlich einhellige Ansicht aller der Philosophen und Naturforscher zu sein, welche die Ansicht AUGUSTE COMTES hinsichtlich der Definition der Wissenschaft akzeptiert haben. Anscheinend ist niemand mehr geneigt ein solches Verbot, wie wir es oben erwähnt haben, zu erneuern.

Indem die Wissenschaft ihren Herrschaftsbereich erweitert, wird sie zugleich konziser, und dieser Vorgang erklärt sich aus denselben Ursachen.

Hier geht ein Lichtstrahl durch Wasser; wir bemerken, daß er seine Richtung ändert, und es gelingt uns, festzustellen, daß der Brechungswinkel für gleiche Einfallswinkel derselbe, dagegen für verschiedene Einfallswinkel verschieden ist. Wir müssen also eine Tabelle der Einfallswinkel und der zugehörigen Brechungswinkel aufstellen und uns, wenn wir uns mit diesem Teil der Wissenschaft beschäftigen, wenigstens die Hauptwerte dieser Tabelle merken. Je genauer wir rechnen wollen, um so ausführlicher muß die Tabelle werden, bis es schließlich unmöglich wird, sie im Gedächtnis zu behalten. Nun aber zeigt sich, daß das Brechungsgesetz alle diese

¹ COMTE, a. a. O., Bd. I, S. 53. — LÉVY-BRUHL, der doch sonst die Einheit der Lehre COMTES zu verteidigen sucht (a. a. O. S. 12), erkennt an, daß er über diese Frage seine Ansicht geändert hat. Er führt diesen Meinungswechsel darauf zurück, daß COMTE in wachsendem Maße das wissenschaftliche Interesse anderen von ihm als höher angesehenen Interessen unterordnete (dasselbst S. 173—175). Diese Entwicklung ist nach der Veröffentlichung des *Cours* weiter gegangen, und in der *Politique positive* (1851) geht COMTE soweit, die Astronomie auf das Sonnensystem zu beschränken (a. a. O. I, S. 510) und sich über die „angebliche Entdeckung“ LE VERRIERS lustig zu machen, die „wenn sie wirklich stattgefunden hätte, wahrlich nur die Bewohner des Uranus hätte interessieren können“.

Beobachtungen zusammenfaßt. Wenn wir wissen, daß $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$ ist, so brauchen wir keine Tabelle mehr, wir brauchen nicht einmal ihre Hauptwerte zu behalten. Damit haben wir unsere Arbeit verringert und sind darin einer natürlichen und allen Organismen gemeinsamen Tendenz gefolgt. Übrigens ist die Zahl der Tatsachen in der Natur unendlich, und unendlich ist auch ihre Mannigfaltigkeit. Unser Wunsch ist, sie alle zu umfassen, um sie alle vor-
 aussehen zu können. Dahin werden wir zweifellos nie gelangen; aber mindestens müssen wir eine möglichst große Zahl von Tatsachen kennen. Je geringer nun aber die Arbeit in jedem einzelnen Fall ist, um so weiter können wir offenbar unser Wissen ausdehnen. Das hat COMTE festgestellt, wenn er schreibt, daß „der Nutzen der Gesetze darin bestehe, daß sie uns, soweit die verschiedenen Erscheinungen es zulassen, jeder direkten Beobachtung entheben, indem sie uns gestatten, aus einer möglichst kleinen Zahl von unmittelbaren Daten eine möglichst große Zahl von Ergebnissen abzuleiten.“¹ M. a. W.: der Zweck der Gesetze ist eine „Ökonomie“ der Arbeit oder des Denkens. Wir entlehnen diesen Ausdruck, der sich nicht bei COMTE findet, aber seine Gedanken, wie man sieht, genau wiedergibt, den Schriften eines sehr bedeutenden modernen Denkers, nämlich ERNST MACHS, dessen Ansichten auf die Wissenschaft einen beträchtlichen Einfluß ausgeübt haben und noch ausüben.

Umfaßt die Wissenschaft die Gesamtheit der Naturerscheinungen? Es gibt Tatsachen, die mir nicht völlig durch ihre Bedingungen bestimmt zu sein scheinen. Es sind das die, die aus meinem Willen entspringen. Bin ich wirklich frei? Sicher ist, daß ich in diesem Augenblick das Gefühl habe, innerhalb gewisser Grenzen frei handeln zu können und daß ich rückschauend mich für die von mir vollbrachten Taten verantwortlich fühle.

Sollte dieses Gefühl, wie die Deterministen meinen, ein Epiphänomen und eine bloße Illusion sein? Auf jeden Fall stehen wir hier einem der dornenvollsten Probleme gegenüber, die den menschlichen Geist beunruhigt haben. Sind wir genötigt, es zu lösen, bevor wir weiter gehen können? Es scheint ja seinem Wesen nach unlösbar zu sein und zu den Antinomien zu gehören, durch

¹ COMTE, *Cours*, Bd. I, S. 99.

die das Unerkennbare sich kundgibt. Zum Glück aber können wir es hier ausschalten. Das dazu anzuwendende Verfahren entspricht vollkommen der von der Wissenschaft geübten Praxis. Die Wissenschaft hat, wie wir eben gesehen haben, die Voraussicht zum Ziel; ihr Reich wird daher alles umfassen, was voraussehbar ist, d. h. die Gesamtheit der Tatsachen, die Regeln unterworfen sind. Wo kein Gesetz ist, da ist auch keine Wissenschaft. Der freie Wille fällt, sofern er existiert, sicher außerhalb dieses Reiches.

Es leuchtet ein, daß die so gezogene Grenze nicht anders als ganz unscharf sein kann: das ergibt sich aus dem hypothetischen Charakter des Zwischensatzes. Je nachdem wir den freien Willen anerkennen oder leugnen, oder ihm einen weiteren oder engeren Spielraum einräumen, wird umgekehrt das Reich der Wissenschaft enger oder weiter. Dieselbe Handlung können wir einmal als Auswirkung des für verantwortlich gehaltenen moralischen Individuums und ein andermal als natürliches Produkt des Milieus auffassen: je nachdem, welchen Standpunkt wir einnehmen, wird uns die Handlung bald als eine freie, bald als eine determinierte erscheinen, die bei genügender Kenntnis der sie umgebenden Umstände und richtiger Würdigung ihrer Tragweite hätte vorausgesehen werden können. Wenn der Ausdruck „Psychologie“ geschaffen worden ist und wenn er uns nicht als an sich unsinnig erscheint, so kann das nur daran liegen, daß wir an die Möglichkeit glauben, Gesetze zu formulieren, welche die Willensvorgänge beherrschen; denn nach einer richtigen Bemerkung FOUILLÉES ist die Psychologie im wesentlichen die „Erforschung des Willens“.¹ Wenn wir die Psychologie der uns umgebenden Personen treiben und zu erkennen suchen, weshalb sie gehandelt haben oder wie sie handeln werden, so setzen wir stillschweigend voraus, daß ihre Handlungen determiniert sind.² Wollen wir ihnen damit die Willensfreiheit absprechen? Sicherlich nicht, denn wir halten sie für verantwortlich für ihre Handlungen.

¹ A. FOUILLÉE, *Le problème psychologique*. Revue Phil., XXXII, 1891, S. 235.

² „Man kann also einräumen, daß wenn es für uns möglich wäre, in eines Menschen Denkungsart, so wie sie sich durch innere sowohl als äußere Handlungen zeigt, so tiefe Einsicht zu haben, daß jede, auch die mindeste Triebfeder dazu uns bekannt würde, im gleichen alle auf diese wirkenden äußeren Veranlassungen, man eines Menschen Verhalten auf die Zukunft mit Gewißheit, so wie eine Mond- und Sonnenfinsternis, ausrechnen könnte“. KANT, *Kritik der praktischen Vernunft*, Ausg. Rosenkrantz u. Schubert, Leipzig 1838, S. 230.

Aber wir versuchen vorausszusehen, wir treiben Wissenschaft, und wer Wissenschaft sagt, sagt Vorausbestimmung. Das hat zur Folge, daß die Unschärfe der Grenzen in diesem Falle nicht wirklich die Unzuträglichkeiten mit sich bringt, die man erwarten könnte. LANGE hat gesagt, daß die Wissenschaft, sofern sie nicht auf die Erfüllung ihrer Aufgabe verzichten wolle, die vernünftige Bewegung als einen Spezialfall der allgemeinen Bewegungsgesetze erklären müsse.¹ Richtig ist jedenfalls, daß die Wissenschaft, sofern sie diese besondere Bewegung behandelt, gezwungen ist, sie als determiniert anzusehen. Aber sie behauptet nicht, daß sie es ist, und kann das auch nicht behaupten. Die Annahme der Existenz freier Erscheinungen, die der Herrschaft des Gesetzes und unserer Voraussicht gänzlich entzogen sind, verstößt keineswegs gegen die Prinzipien der Wissenschaft. Ebensowenig widerspricht eine solche Annahme den Ergebnissen der Wissenschaft; denn da der Determinismus ein Grundpostulat der Wissenschaft ist und diese ihre Ansprüche von vornherein auf das Voraussehbare beschränkt, so ist es sicher, daß ihre Ergebnisse, sie mögen sein, wie sie wollen, uns nichts über die Dinge lehren können, die, nach vorheriger Übereinkunft, außerhalb des Bereiches unserer Untersuchungen geblieben sind.

Um die Tragweite dieser Behauptung genauer zu bestimmen, brauchen wir nur einen Augenblick das Gebiet der Wissenschaft zu verlassen und in das der Religion einzutreten. Nehmen wir den Ausdruck „Religion“ in seiner allgemeinsten Bedeutung, so können wir sagen, daß die Religionen uns im Lauf der Welt das Eingreifen eines höheren, außerhalb der Natur stehenden Willens erkennen lassen wollen. Das gilt in um so höherem Grade, je weiter das religiöse Stadium zurückliegt, um das es sich handelt. Ursprünglich symbolisiert der Mensch häufig die Macht der ihn umgebenden feindlichen Natur in der Gestalt von Wesen, die, obgleich unsichtbar, doch handeln.² Diese Wesen handeln nach Art der

¹ F. A. LANGE, *Geschichte des Materialismus*. 4. Aufl., Iserlohn, 1882, S. 20.

² Man kann diese Schlußweise mit derjenigen vergleichen, durch die LUKREZ auf die materielle Natur der Luft schließt (s. weiter unten, S. 320); es ist übrigens dieselbe, die uns zwingt, die Existenz des Äthers anzunehmen. Die Götter existieren, denn sie handeln. Die Behauptung, die Götter kümmernten sich nicht um die Welt, ist die eines Atheisten; das ist gerade so, als wenn man dem Äther die Masse absprechen wollte: er würde im selben Augenblick zwecklos und damit nicht-existent. [Der Verfasser denkt hier an den Äther der klassischen Undulationstheorie des Lichtes. Ltn.]

Menschen, wenn auch mit größerer Macht; es unterliegt wohl in der Tat keinem Zweifel, daß die Vorstellung der Gottheit eine rein anthropomorphe ist oder es wenigstens vor der Wandlung war, die sie in dem mehr oder weniger absoluten Monotheismus erfahren hat, der die Religion eines beträchtlichen Theiles der Menschheit geworden ist. Der Gott hat also ganz wie der Mensch seinen freien Willen. Die Gläubigen können durch Gebete seinen Willen beeinflussen, so wie ja auch jeder Mensch den Willen eines anderen beeinflussen kann. In beiden Fällen aber ist jeder absolute Zwang unmöglich. Die Behauptung des Gegenteils, der Glaube, man könne durch bestimmte Akte die Gottheit zwingen, ist nicht mehr Religion, sondern Magie; diese aber stellt, soweit sie an die absolute Wirksamkeit ihrer Maßnahmen glaubt, eigentlich ein Gesetz auf und verwandelt sich also in eine experimentelle Wissenschaft. Daraus erklärt sich auch, daß die Alchemie, die doch bis zum Schluß einen so engen Zusammenhang mit der Magie bewahrt hatte, sich dennoch friedlich zur Chemie weiter entwickeln konnte.

Aber in der eigentlichen Religion sind die Handlungen des Gottes frei, d. h. sie sind nicht oder wenigstens nicht vollständig determiniert. Ebenso wie ich bei meinen eigenen Handlungen oder bei denen von meinesgleichen gewohnheitsmäßig annehme, daß sie durch Antezedentien verschiedener Ordnung teilweise determiniert und teilweise frei sind, so betrachtet auch der Gläubige die Handlungen der Gottheit ihm gegenüber als teilweise motiviert durch die Verdienste oder die Sünden des Bittstellers, durch seine Gebete usw. und zum Teil als frei. Andererseits bestimmen diese Handlungen Ereignisse, die ihrerseits wieder andere hervorrufen usw. ins Unendliche. Stoßen wir beim Rückgang in einer Kette von Ereignissen auf den freien Willensakt einer Gottheit, so bricht die ganze Reihe oder ein Teil von ihr an dieser Stelle ab; es liegt dann das vor, was *RENOUVIER* einen „absoluten Anfang“ genannt hat.¹ Dieser Akt erscheint also als nicht durch seine Antezedentien determiniert, d. h. als Verstoß gegen die Gesetze. So etwas nennt man ein Wunder.

Man sagt zuweilen, daß die Wissenschaft das Wunder leugne; das ist sehr ungenau ausgedrückt. Bei ihrem Fortschritt ist sie, wie wir gesehen haben, bestrebt, das Reich des Wunders einzu-

¹ *RENOUVIER, Critique philosophique, Bd. VII, 1878, S. 186.*

schränken: viele Vorgänge, die dem primitiven Menschen als Wunder erschienen, gehören für uns zum Bereich der Wissenschaft. Man kann sagen, daß in diesem Sinne die Wissenschaft das Postulat der Gesetzmäßigkeit bestätigt, man muß aber dabei im Auge behalten, daß diese Bestätigung niemals eine absolute sein kann. Was das Wunder betrifft, so bleibt es wie jeder freie Willensakt notwendig außerhalb der Wissenschaft und von ihr durch eine unübersteigbare Mauer getrennt. In der Tat haben zu allen Zeiten fromme Menschen den sehr begreiflichen Wunsch gehegt, durch den Versuch zu beweisen, wie wirksam das Eingreifen ihrer Gottheit sei. Man kann kühnlich behaupten, daß in einem gewissen Sinne vielleicht kein Versuch so häufig wie dieser angestellt worden ist. Dennoch ist der Beweis nie geglückt; das liegt daran, daß er seinem Wesen nach unmöglich ist. Würde die Grotte von Lourdes ohne Ausnahme alle Paralytiker heilen, die man hineintaucht, so wäre das ein Gesetz, und man würde ohne Zweifel die Besonderheit in der Zusammensetzung dieses Wassers suchen, aus der sich diese Wirkung erklären ließe; schlimmstenfalls wären wir gezwungen, ein hypothetisches Element oder eine unbekannte Form der Energie zu erfinden. Wären die priesterlichen Zeremonien ein notwendiges und hinreichendes Hilfsmittel, so würde der Vorgang das Reich der Religion verlassen und in das der Magie eintreten; denn in diesem Falle hätten wir es mit einem determinierten Akt der Gottheit zu tun. Es handelt sich aber um einen religiösen Vorgang, denn die Gottheit bleibt frei. Die Erscheinung läßt sich weder voraussehen noch nach Belieben reproduzieren, d. h. sie steht ihrem Wesen nach außerhalb jeder Wissenschaft. Man kann also ein Wunder widerlegen, d. h. feststellen, daß der Vorgang in Wirklichkeit den uns bekannten Gesetzen gemäß stattgefunden hat; man kann aber nicht das Stattfinden eines Wunders wissenschaftlich beweisen. Allenfalls kann man nachweisen, daß der Vorgang anders hätte verlaufen müssen, wenn er von gewissen Gesetzen beherrscht gewesen wäre. Aber für die Ungläubigen wird es stets leicht sein, zu behaupten, daß Umstände und Gesetze im Spiel gewesen seien, die uns unbekannt geblieben sind.

Es ist etwas schwieriger, den Begriff der Kausalität herauszuarbeiten, und zwar gerade wegen der oben besprochenen Verwechslung. Einen sehr klaren Ausdruck dafür finden wir jedoch

in den Schriften von LEIBNIZ, der das Kausalprinzip als „Prinzip des bestimmenden“ oder auch des „zureichenden Grundes“ bezeichnet. „Man muß bedenken,“ sagt LEIBNIZ, „daß es zwei große Prinzipien für unsere Schlußfolgerungen gibt; das eine ist das Prinzip des Widerspruchs, welches besagt, daß von zwei einander widersprechenden Urteilen das eine wahr und das andere falsch ist; das andere ist das Prinzip des Bestimmungsgrundes: es findet nichts ohne eine Ursache oder wenigstens einen Bestimmungsgrund statt, d. h. etwas, was dazu dienen kann, a priori zu begründen, weshalb die Sache gerade so und nicht anders existiert.“ Und er fügt hinzu: „Dies große Prinzip hat für alle Ereignisse Geltung und man wird niemals ein Gegenbeispiel anführen; und obwohl in der Mehrzahl der Fälle diese Gründe nicht hinreichend bekannt sind, lassen wir doch nicht von der Überzeugung, daß sie existieren.“¹ Schon PLATON hatte dasselbe Resultat mit den Worten ausgesprochen: „Jedes Entstehen ohne Ursache ist unmöglich.“² Und ARISTOTELES sagt: „Die Natur tut nichts ohne vernünftigen Grund, noch umsonst.“³ Auch SCHOPENHAUER benutzt dieselbe Formel in seiner Abhandlung *Über die vierfache Wurzel des Satzes vom Grunde*, wo er, WOLFF zitierend, sagt: *Nihil est sine ratione cur potius sit quam non sit*,⁴ was, wie man sieht, wörtlich der Formulierung von LEIBNIZ entspricht.

LEIBNIZ jedoch hat an anderen Stellen genauer ausgedrückt, was er unter der Ursache oder dem Bestimmungsgrund versteht. In der Abhandlung *De legibus naturae et vera aestimatione virium motricium* liest man (es handelt sich um einen indirekten Beweis des Prinzips der Erhaltung der lebendigen Kraft): „Es würde daraus folgen, daß die Ursache nicht wiederhergestellt noch für ihre Wirkung eingesetzt werden könnte, was, wie man leicht einsieht, der Gewohnheit der Natur und den Gründen der Dinge durchaus widersprechen würde.“⁵ Und in der *Dynamica* heißt es (Satz 5): „Die gesamte Wirkung kann die volle Ursache oder ihresgleichen repro-

¹ LEIBNIZ, *Opera philosophica*, Ausg. Erdmann, Berlin 1840, S. 515.

² PLATON, *Timäus*, 16, 46.

³ ARISTOTELES, *De Coelo*, II, 11.

⁴ SCHOPENHAUER, *Sämtliche Werke*, Ausg. Frauenstädt, Leipzig, 1877, S. 5.

⁵ LEIBNIZ, *Mathematische Schriften*, Ausg. Gerhardt, Halle 1860, Bd. VI, S. 206. „Sequeretur etiam causam non posse iterum restitui suoque effectui surrogari quod quantum abhorret a more naturae et rerum rationibus facile intellegitur.“

duzieren.“¹ Denselben Gedanken drückt er in seinem *Essay de Dynamique* folgendermaßen aus: „Denn wenn diese lebendige Kraft sich jemals vermehren könnte, so gäbe es eine Wirkung, die mächtiger wäre als ihre Ursache, oder auch ein *perpetuum mobile*, d. h. eine Bewegung, die ihre Ursache und noch etwas mehr reproduzieren könnte, was absurd ist. Könnte aber die Kraft sich vermindern, so würde sie schließlich ganz aufhören; denn da sie niemals zunehmen, dagegen stets abnehmen könnte, so würde sie immer mehr zurückgehen, was der Ordnung der Dinge zweifellos widerspricht.“² Kurz, das Leibnizsche Prinzip läuft auf die bekannte Formel der Scholastiker hinaus: *causa aequat effectum*.

JOHANN BERNOULLI, den wir weiter oben angeführt haben, bezieht sich derselben Aussage: Die Gleichheit zwischen Ursache und Wirkung erscheint ihm als unentbehrliche Gewähr der Ordnung in der Natur. LUKREZ schreibt: *Nil posse creari de nihilo*,³ was offenbar dasselbe ist, wie der Ausspruch des ANAXAGORAS: „Nichts entsteht und nichts vergeht“, ein Ausspruch, den man zuweilen viel späteren Autoren, sogar LAVOISIER zugeschrieben hat. Es ist übrigens klar, daß dieser Satz unmittelbar aus dem vorangehenden folgt, denn da die Natur, so postuliert man, nichts anderes ist als eine Verkettung von Ursachen und Wirkungen, die Summe der letzteren aber der Gesamtheit der ersteren gleich sein soll, so ist kein Platz für eine Schöpfung noch für ein Verschwinden.

Im Gegensatz dazu wird jetzt klar, daß das Postulat der Kausalität keineswegs mit dem der Gesetzmäßigkeit zusammenfällt. Eine eingehendere Analyse wird das nur bestätigen.

Wenn wir die Existenz von Regeln setzen, so fordern wir damit offenbar, daß sie auch erkennbar seien. Ein Naturgesetz, das wir nicht kennen, existiert nicht, im strengsten Sinne des Wortes. Gewiß erscheint uns die Natur geordnet. Jede neue Entdeckung, jede bestätigte Voraussage bestärkt uns in dieser Meinung. Man kann geradezu sagen, daß die Natur selbst ihre Ordnung verkündet; die Vorstellung davon scheint von außen in unseren Geist einzudringen, ohne daß wir mehr dazu tun, als sie passiv zu empfangen. Die Ord-

¹ A. a. O. S. 439. *Effectus integer causam plenam vel ejus gemellum reproducere potest.*

² A. a. O. S. 219.

³ LUKREZ, a. a. O., I. Buch, Vers 156.

nung erscheint schließlich als eine rein empirische Tatsache, und die von uns formulierten Gesetze wie etwas zur Natur Gehöriges, wie *Naturgesetze*, die von unserem Verstande unabhängig sind. Wer so denkt, vergißt — was doch alle Handlungen unseres täglichen Lebens beweisen — daß wir von dieser Ordnung, von der Existenz dieser Gesetze im voraus überzeugt waren. Auch vergißt man dabei, wie wir zu diesen Gesetzen gelangt sind. Wir haben einzelne und eigentlich einzigartige Erscheinungen beobachtet und aus ihnen allgemeine und abstrakte Begriffe gebildet, und unsere Gesetze beziehen sich in Wirklichkeit nur auf die letzteren. Das Gesetz, das die Wirkung des Hebels regelt, bezieht sich nur auf den „mathematischen Hebel“; wir wissen aber sehr gut, daß wir dergleichen niemals in der Natur antreffen werden. Ebensowenig werden wir jemals die „idealen Gase“ der Physik oder die Kristalle finden, wie sie uns die Modelle der Kristallographie zeigen. Aber selbst wenn wir behaupten, daß „der Schwefel“ die und die Eigenschaften hat, so denken wir dabei nicht an dies oder jenes bestimmte Stück des wohlbekannten gelben Stoffes. Zuweilen beziehen sich unsere Aussagen auf eine Art Mittelwert aus den im Handel vorkommenden Stücken, zuweilen sogar (wenn wir von „reinem Schwefel“ sprechen) auf einen sogenannten idealen Stoff, dem wir uns nur mit Hilfe vielfacher Operationen annähern können; die Eigenschaften eines aufs Geratewohl herausgegriffenen Stückes Schwefel können von denen dieses idealen Stoffes erheblich abweichen. Bekannt ist die ungeheure Arbeit, der STAS sich hat unterziehen müssen, um einigermaßen chemisch reines Silber zu erhalten; es ist übrigens auch bekannt, daß er gerade diesen Stoff als Ausgangspunkt für seine Bestimmungen gewählt hat, weil er ihm die wenigsten Schwierigkeiten zu bieten schien, und es ist ferner bekannt, daß das Silber, das er erhielt, nicht wirklich rein war, so daß man später genötigt war, seine Ergebnisse zu berichtigen. Man kann aus diesem typischen Beispiel ersehen, in wie hohem Grade schon das Substrat der Gesetze, der allgemeine Begriff, ein Produkt unseres Denkens ist. Denn es würde uns auch nichts nützen, uns darauf zu berufen, daß das Silber doch ein ganz bestimmtes Element sei und folglich der reine Stoff notwendig in diesem Stück Metall enthalten sein müsse, das ich vor mir habe und mit demselben Namen bezeichne, obgleich ich weiß, daß es unrein ist. Die Existenz des Elements Silber ist nur eine

Hypothese, zu der man durch verwickelte Schlüsse gelangt. Das reine Silber ist also genau wie der mathematische Hebel, das ideale Gas oder der vollkommene Kristall, von denen wir soeben sprachen, eine von einer Theorie geschaffene Abstraktion. Wie DUHEM sehr richtig bemerkt,¹ ist es unmöglich, das Gesetz zu verstehen, unmöglich auch, es anzuwenden, ehe man diese Arbeit der wissenschaftlichen Abstraktion vollbracht hat, und ohne daß man die Theorien kennt, die das Gesetz voraussetzt.

Wenn es zuweilen den Anschein hat, als seien die von uns formulierten Gesetze unmittelbar auf die Wirklichkeit anwendbar, so beruht das ausschließlich auf der Grobheit unserer Sinne und auf der Unvollkommenheit unserer Untersuchungsmittel, die uns nicht erlauben, all die feinen Unterschiede zwischen den einzelnen Erscheinungen wahrzunehmen. H. POINCARÉ macht darauf aufmerksam, daß diese Umstände die Entdeckung gewisser Gesetze begünstigt haben und daß es für eine Wissenschaft einen Nachteil bedeuten kann, wenn sie in einem Augenblick entsteht, in dem die Meßinstrumente allzu genaue Untersuchungen ermöglichen.²

In Wirklichkeit gelangen wir nur dadurch zu den Gesetzen, daß wir die Natur sozusagen vergewaltigen, indem wir in mehr oder weniger willkürlicher Weise eine Erscheinung aus dem großen Ganzen herausheben und Einflüsse ausschalten, welche die Beobachtung *fälschen* würden. Daher kann auch das Gesetz gar nicht unmittelbar die Wirklichkeit beschreiben. Selten nur wird die Erscheinung, auf die es sich bezieht, die „reine“ Erscheinung, ohne unser Zutun beobachtet; und selbst dann, wenn wir sie herstellen, bleibt sie unvollkommen und durch Nebenerscheinungen getrübt. Die Vorlesungsversuche, durch die man die Gesetze zu erläutern meint, erheben zuweilen den Anspruch, uns diese reine Erscheinung zu zeigen. Es ist bekannt, mit welcher Sorgfalt sie vorbereitet werden müssen, um zu gelingen. Aber selbst dann noch machen sie auf den Zuschauer den Eindruck von etwas durchaus künstlichem, der Professor kommt einem vor wie eine Art Zauberkünstler.³ Jeder, der jemals in einem

¹ DUHEM, *La théorie physique, son objet et sa structure*, Paris 1906, S. 272.

² H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse*, Paris, S. 211—212.

³ Vgl. die amüsante Darstellung, die WELLS in *The new Macchiavelli* (Leipzig 1911, Bd. I, S. 33) von den Schwierigkeiten der Vorlesungsversuche und dem Mangel an Übereinstimmung gibt, die zwischen ihren Ergebnissen und den Beschreibungen der Bücher besteht.

Laboratorium gearbeitet hat, erinnert sich, wieviel Mühe es zuerst kostet, die scheinbar so einfachen, in den Lehrbüchern beschriebenen Versuche auszuführen. Mit der Zeit bildet sich jedoch die Übung heraus, man ergreift die Vorsichtsmaßregeln immer weniger bewußt und glaubt am Ende, daß die Verifikationsversuche sich sozusagen von selbst machen, ohne daß wir die Natur zu zwingen brauchten; genau wie der Astronom dadurch, daß er ständig die Bewegungen der Gestirne beobachtet und berechnet, schließlich dahin gelangt, daß er *sieht*, wie der Mond auf die Erde fällt. Das ändert aber nichts daran, daß diese beiden Weltkörper für jeden unbefangenen Beobachter ungefähr in der gleichen Entfernung voneinander bleiben. — Bezogen auf die unmittelbar beobachtete Erscheinung ist das Gesetz stets nur ein mehr oder weniger angenähertes; durch fortgesetzte Korrekturen bemühen wir uns, das Ganze der Gesetze dem wahren Naturlauf mehr und mehr anzupassen. Man muß sich aber darüber klar sein, daß diese Verbesserungen ohne Unterlaß die bestehende Wissenschaft verändern. „Die Physik schreitet nicht in der Weise der Geometrie fort, die zu den endgültigen und unbestreitbaren Sätzen, die sie bereits besitzt, neue ebensolche Sätze hinzufügt; sondern ihr Fortschritt besteht darin, daß die Erfahrung ununterbrochen neue Abweichungen zwischen den Gesetzen und den Tatsachen zum Vorschein bringt“.¹ Das Gesetz ist eine ideale Konstruktion, die nicht das ausdrückt, was wirklich geschieht, sondern das, was geschehen *würde*, wenn gewisse Bedingungen erfüllt wären. Ohne Zweifel könnten wir keine Gesetze formulieren, wenn die Natur nicht geordnet wäre und uns nicht einander ähnliche Gegenstände zeigte, die uns allgemeine Begriffe zu liefern imstande sind. Aber diese Gesetze selbst sind nur ein Bild dieser Ordnung, sie entsprechen ihr nur in dem Maße, wie eine Projektion einem n-dimensionalen Körper entsprechen kann, sie drücken die Ordnung nicht besser aus, als ein Wort die Sache, die es bezeichnet, denn in beiden Fällen müssen wir uns der Vermittlung unseres Verstandes bedienen.

Da die Zeit (NEWTONS *einzigste unabhängige Variable*) ohne Unterbrechung abläuft, so können die Gesetze, wenn sie erkennbar sein sollen, nur als Funktionen der Zeit erscheinen. Damit uns also die Natur als geordnet erscheine, wird es, streng genommen, ge-

¹ DUHEM, a. a. O. S. 290.

nügen, daß wir die Form dieser Funktionen kennen, d. h. daß wir wissen, wie die Gesetze sich mit der Zeit ändern.

Es ist jedoch sicher, daß wir in unserer Vorstellung von den Gesetzen ihre Beziehung zur Zeit vereinfachen, indem wir behaupten, daß diese in bezug auf die Gesetze homogen sei. Wenn der Schwefel — d. h. ein Stück von dem Stoff, der uns durch eine gewisse Kombination von physikalischen Eigenschaften bekannt ist — gegenwärtig bei seiner Verbrennung ein ganz bestimmtes Gas erzeugt, das man Schwefeldioxyd nennt, so behaupten wir, daß dasselbe auch in den weit zurückliegenden geologischen Epochen der Fall gewesen ist und daß es immer so sein wird.

Um zu verstehen, warum diese Vereinfachung nötig ist, genügt es, sich klar zu machen, daß man, um eine Veränderung der Gesetze in der Zeit zu erkennen, diese selbst unabhängig von den Gesetzen müßte erkennen können. Nun ist aber eine solche Kenntnis unmöglich. Es gibt hinsichtlich der Prinzipien der Zeitmessung zwei einander widerstrebende Meinungen. Einige Autoren wollen sie aus der gleichförmigen geradlinigen Bewegung, d. h. aus der Inertialbewegung ableiten. Diese Theorie ist, wie es scheint, zuerst von CARL NEUMANN formuliert worden,¹ dem in Deutschland LUDWIG LANGE² und in Frankreich HANNEQUIN³ und E. LE ROY⁴ gefolgt sind. Aber selbst wenn man die Gültigkeit dieser Ansicht für die Gegenwart anerkennen würde, so gilt sie sicherlich nicht für frühere Zeiten: denn das Trägheitsgesetz ist eine ganz neuzeitliche Schöpfung. Nun besteht aber kein Zweifel darüber, daß die Menschheit sich schon immer des gleichförmigen Ablaufs der Zeit sehr klar bewußt war und ihn sogar seit vielen Jahrhunderten bereits zu messen verstand. Man braucht übrigens nur die Mittel zu prüfen, mit denen diese Messung vorgenommen wurde, um ihre Grundlage zu erkennen. Seit mehreren Jahrhunderten bedienen wir uns des Pendels,

¹ CARL NEUMANN, *Über die Prinzipien der Galilei-Newton'schen Theorie*, Leipzig 1870.

² LUDWIG LANGE, *Über die wissenschaftliche Fassung usw.*, WUNDT'S philosophische Studien, Bd. II, Leipzig 1883. Ders., *Nochmals über das Beharrungsgesetz*. Kgl. Sächs. Ges. d. Wiss., Bd. XXXVII, Leipzig 1885, S. 336 ff. Ders., *Die geschichtliche Entwicklung des Bewegungsbegriffs*, Leipzig 1886. Ders., *Das Inertialsystem*, WUNDT'S philosophische Studien, Bd. XX, Leipzig 1902.

³ HANNEQUIN, *Essai critique*, Paris 1895, S. 79.

⁴ E. LE ROY, *La science positive et la liberté*. Congrès international de philosophie, Paris 1900, Bd. I, S. 331.

vorher benutzte man Wasser oder Sand, die man durch eine Öffnung laufen ließ, oder sogar Kerzen von gleichförmiger Dicke; in einer noch früheren Epoche, bevor man irgendwelche Meßinstrumente zu bauen verstand, maßen die Menschen die Zeit an dem scheinbaren Lauf der Sonne und der Sterne und an den Jahreszeiten, d. h. an der Umdrehung und dem Umlauf der Erde, die man ja auch heute noch als Kontrolle benutzt. Nun beruhen alle diese Mittel auf demselben Prinzip, nämlich auf der Annahme, daß die Veränderung in der Natur ihrem Wesen nach gleichförmig ist, d. h. daß sich in gleichen Zeiten gleiche Wirkungen abspielen. Dies ist die Definition der Zeitmessung, wie sie D'ALEMBERT¹ und nach ihm POISSON² formuliert haben, und wir können heutzutage sogar auf dieser Grundlage Erscheinungen benutzen, die zur Bewegung nur in sehr entfernten Beziehungen stehen und bei denen folglich der Begriff der Trägheit sicherlich gar keine Rolle spielt, wir können z. B. von der Geschwindigkeit irgendeiner chemischen Reaktion ausgehen, sagen wir, um die Begriffe zu fixieren, von der Umwandlung des weißen Phosphors in roten³ oder noch besser, nach dem Vorschlag von Frau CURIE, von der Verminderung der Radioaktivität der Radium-Emanation, die in der Tat eine genaue Einheit liefern zu können scheint.⁴

Wir können übrigens von einer ganz beliebigen Erscheinung ausgehen, wenn wir sie nur so wählen, daß wir die Bedingungen, unter denen sie eintreten soll, ausreichend bestimmen und ihren Verlauf genau genug beobachten können. Wir werden dann immer finden, daß alle übrigen Erscheinungen sich danach richten. Gehen wir von der Pendelschwingung aus, so dauert das Ablaufen einer Menge Wassers oder Sandes zwischen zwei Strichen der Wasser- bzw. Sanduhr, das Niederbrennen einer Kerze von gleichförmiger Dicke,

¹ D'ALEMBERT, *Traité de dynamique*, 2. Aufl., Paris 1758, S. 13—14.

² POISSON, *Traité de mécanique*, 2. Aufl., Paris 1833, S. 204 ff. — Eine ausgezeichnete Diskussion der beiden Prinzipien der Zeitmessung findet sich in dem Buche von STREINTZ, *Die physikalischen Grundlagen der Mechanik*, Leipzig 1883, S. 81 ff.

³ Vgl. hierzu RUD. SCHENCK, *Über den roten Phosphor*, Berichte d. deutschen chemischen Gesellschaft, XXXV, 1 (1905), S. 352 ff.

⁴ Es ist bekannt, wie wichtig die Messung der Abnahme der Radioaktivität in diesem Gebiet der Physik geworden ist. Man betrachtet sie als die charakteristischste Eigenschaft der radioaktiven Stoffe, nach der man ihre Identität oder Verschiedenheit entscheidet. Vgl. RUTHERFORD, *Radio-Activity*, 2. Aufl., Cambridge 1905, S. 223—232, 411, 412, und Mme. CURIE, *Revue scientifique*, 17. Nov. 1906, S. 654.

die Erzeugung von rotem Phosphor in einem gegebenen Verhältnis und die Abnahme der Radioaktivität der Radiumemanation um einen gegebenen Betrag jedesmal, wenn diese Erscheinungen unter geeigneten Bedingungen reproduziert werden, die gleiche Anzahl von Pendelschwingungen. Man könnte sagen, daß die Übereinstimmung im Ablauf dieser verschiedenen Erscheinungen uns dazu veranlaßt, uns die Zeit gleichmäßig ablaufend vorzustellen. Jedoch ist diese Übereinstimmung, wenigstens soweit wir sie unmittelbar beobachten können, niemals eine absolute. Die beste Uhr, die wir bauen können, wird von Zeit zu Zeit reguliert werden müssen; selbst von der Umdrehung der Erde, die man früher als die Veränderung ansah, nach deren Dauer sich alle übrigen richten müßten, vermutet man heute, daß sie nicht jedesmal genau denselben Wert habe, sie wird langsamer, was eine scheinbare Beschleunigung der Mondbewegung zur Folge hat. Wir vermögen auch diese Abweichung zu erklären: die Dauer der Umdrehung der Erde verändert sich unter dem Einfluß zweier Faktoren, nämlich der Gezeiten und der ununterbrochenen Zusammenziehung der Erdkugel, diese beiden Ursachen wirken in entgegengesetztem Sinne, aber die Wirkung der ersten überwiegt, und die Differenz der beiden Wirkungen ergibt gerade die beobachtete Verlangsamung. Daß die Übereinstimmung nicht von vornherein eine vollkommene ist, sondern erst von uns dazu gemacht werden muß, und daß uns diese Verlängerung des Jahres als eine der Erklärung bedürftige Tatsache erscheint, beweist jedenfalls, daß die Vorstellung der absoluten Gleichförmigkeit des Zeitablaufes nicht gänzlich auf Beobachtung beruhen kann, sondern daß dabei noch ein höheres Prinzip wirksam ist. Nun ist aber dieses Prinzip offensichtlich kein anderes als das, welches wir als das Prinzip der Gesetzlichkeit bezeichnet haben. Wir brauchen ja nur d'ALEMBERTS Formel zu nehmen, daß „sich in gleichen Zeiten gleiche Wirkungen abspielen“, und sie mit der von OSTWALD (S. 2) zu vergleichen: „Bei Herstellung der gleichen Voraussetzungen tritt derselbe Ablauf ein“. Es ist klar, daß die erste Formel in der zweiten enthalten ist, denn der Ausdruck „derselbe Ablauf“ schließt notwendig ein, daß die Erscheinung auch dieselbe Zeit beansprucht.¹ Da übrigens, wie wir gesehen haben, der Zweck

¹ Auch LUKREZ betont die Bedingung der Dauer, wo er feststellen will, daß die Natur dem Gesetze gehorcht (Buch II, Vers 175 ff.).

der Gesetze die Voraussicht ist, so ist es doch für uns genau ebenso interessant, voraus zu wissen, *wann* die Dinge sich zutragen werden, wie zu wissen, *was* geschehen wird. Der Hund, dem das Stück Fleisch zugeworfen wird, muß, wenn er es auffangen will, genau den Augenblick voraussehen können, in dem es in der Höhe seines Maules angelangt sein wird. Tatsächlich macht sich also auch hier unsere Überzeugung von der Regelmäßigkeit der Natur geltend; die Natur fügt sich ihr, das ist nicht zu bestreiten; aber diese Überzeugung überschreitet, wie wir sahen, die Grenzen der unmittelbaren Beobachtung, sie ist eine absolute und gewährleistet uns die Zukunft.¹

Also beruht letzten Endes die Zeitmessung auf dem Vorhandensein der Gesetze in der Natur, und infolgedessen erscheint uns die Zeit, wie wir gesagt haben, als homogen in bezug auf die Gesetze. Im Gegensatz dazu verlangt das Postulat der Gesetzmäßigkeit keineswegs, daß die Gegenstände selbst in der Zeit unveränderlich bleiben müssen. Hier genügt es wirklich, wenn wir die Form der Funktion, d. h. die Art und Weise kennen, wie sie sich mit der Zeit ändern. Indem wir sie aussprechen, formulieren wir ein Gesetz. Man kann sogar sagen, daß dies die ursprüngliche Form des Gesetzes ist, weil sie am besten seinem Zweck entspricht. In der Tat, da wir voraussehen, die Zukunft erkennen wollen und da wir ja die Zeit zu messen verstehen, so wäre es das Einfachste, wir bestimmten die Änderungen an den Körpern der Außenwelt als Funktionen der Zeit.² Wenn uns dieser Satz nicht auf den ersten Blick einleuchtet, so liegt das in der besonderen Natur des Begriffes der Ortsveränderung. Dieser Begriff ist sozusagen doppelsinnig: ein Körper, der seinen Ort verändert hat, erscheint uns einerseits als verändert, andererseits als mit sich selbst identisch geblieben. Wir werden noch Gelegenheit haben, ausführlicher auf diese Frage zurückzukommen. Für den Augenblick begnügen wir uns mit der Bemerkung, daß wir die Schwierigkeiten, die in unseren Gegenstand durch diesen Begriff

¹ PAINLEVÉ (Bulletin de la Société française de philosophie, 1905, S. 64—65) behauptet, daß die Vorstellung der Homogenität von Raum und Zeit in bezug auf die Gesetze vor aller Wissenschaft beim Menschen wie auch beim Tiere bestände.

² H. POINCARÉ leitet sehr richtig diese Form des Gesetzes aus der „wissenschaftlichen Auffassung“ der Welt, d. h. nach unserer Terminologie aus dem Prinzip der Gesetzmäßigkeit ab. Vgl. *Cournot et le calcul infinitésimal*. Revue de métaphysique, XII, 1905, S. 295.

hineingetragen werden könnten, dadurch vermeiden können, daß wir uns auf die oben besprochenen Erscheinungen beziehen, die in unserem Geiste nicht direkt die Vorstellung der Bewegung erwecken. So werden wir sicher Gesetze aussprechen, wenn wir behaupten, daß, wenn weißer Phosphor während t Sekunden sich in einer gegebenen Konzentration in Phosphortribromid gelöst befindet, er sich in einem ganz bestimmten Verhältnis in roten Phosphor verwandelt, oder daß die Radium-Emanation nach t Tagen den n -ten Teil ihrer Radioaktivität verloren hat. Es liegt übrigens auf der Hand, daß die Wissenschaften von den Organismen voll von solchen Gesetzen sind, z. B. nach einem Dasein von n Monaten wird die Raupe zum Schmetterling, oder: in ihrem n -ten Lebensmonat verlieren die Kaulquappen ihre Kiemen.

Die Analyse, die wir eben für die Zeit durchgeführt haben, ist bis zu einem gewissen Grade auch auf den Raum anwendbar. Auch hier würde es, um die Ordnung in der Natur zu gewährleisten, zur Not genügen, wenn man die Gesetze in Abhängigkeit von dem Orte kennt. Aber auch hier vereinfachen wir, indem wir die Änderung der Funktion gleich Null setzen, d. h. die Gesetze als im ganzen Raume dieselben ansehen. Es ist vielleicht nicht ganz überflüssig, darauf hinzuweisen, daß diese Homogenität des Raumes in bezug auf die Gesetze von seiner sog. Relativität unabhängig ist. Man könnte nämlich meinen, daß wir genötigt seien an die Indifferenz des Ortes zu glauben, weil der wahre Ort uns unbekannt ist. Es ist sicher, daß wir ihn fortwährend wechseln. Die Erde dreht sich um ihre Achse und läuft gleichzeitig um die Sonne, diese ihrerseits bewegt sich mit beträchtlicher Geschwindigkeit durch den Raum. Die Wahrscheinlichkeit ist unendlich klein, daß wir jemals an den Ort zurückkämen, an dem wir uns in einem Augenblick befunden haben. Da wir aber imstande waren, Gesetze festzustellen, obwohl wir unseren Ort währenddessen mit großer Geschwindigkeit wechselten, so liegt das offenbar daran, daß die Ortsveränderung auf die Gesetze ohne Einfluß ist. Diese Überlegung würde zutreffen, so weit es sich um den heutigen Stand der Wissenschaft handelt. Während einer unberechenbaren Reihe von Jahrhunderten hat die Menschheit fest daran geglaubt, daß die Erde eine unbewegliche Scheibe sei und daß die Orte, die auf ihr durch gewisse große Objekte, wie z. B. Berge oder hohe Gebäude, festgelegt sind, wirkliche

Orte im absoluten Raum seien und daß man zu demselben „Ort“ zurückkehren könne, wenn man nur die Lage zu den erwähnten Bezugspunkten genau genug festlegt. Die Menschen glaubten auch, daß es im Raum zwei von den übrigen zu unterscheidende feste Richtungen gäbe: oben und unten. Bei einer genauen Durchforschung unserer eigenen Überzeugungen würden wir finden, daß wir selbst noch keineswegs von solchen Vorstellungen ganz frei sind: noch heute macht es uns Mühe, uns die Antipoden vorzustellen, und wie wir es auch anstellen mögen, sie scheinen uns immer „auf dem Kopf“ zu stehen. Aber auch als die Menschen noch glaubten, daß die Erde unten und der Himmel oben sei, waren sie dennoch fest überzeugt von der Homogenität des Raumes. Um das sicherzustellen, braucht man nur daran zu erinnern, daß dieser Gedanke die Grundlage der Geometrie bildet. Hätte man einen Griechen gefragt, in welcher Tiefe unter der Erde der und der Satz des EUKLID aufhöre wahr zu sein, so wäre ihm diese Frage sicher ebenso paradox erschienen wie uns.

Aber die Geometrie beweist uns auch, daß unser Glaube an die Homogenität des Raumes mehr als die bloße Unveränderlichkeit der Gesetze enthält. Wir sind in der Tat davon überzeugt, daß nicht nur die Gesetze, d. h. die Beziehungen zwischen den Dingen, sondern daß auch die Dinge selbst durch einen bloßen Ortswechsel nicht verändert werden. Das ist eine klare Forderung der Geometrie, und einer der Meister des wissenschaftlichen Denkens der Gegenwart hat sehr richtig gesagt, daß die Geometrie nicht existieren würde, wenn es keine sich ohne Veränderung bewegendenden festen Körper gäbe.¹ Nun ist es aber sehr wichtig, festzustellen, daß die Geometrie, wie im allgemeinen die Wissenschaften, die wir unter dem Namen der „reinen Mathematik“ zusammenfassen, obwohl sie es mit abstrakten Gebilden unseres Denkens zu tun haben, offenbar den Vorzug einer absoluten Anwendbarkeit auf die Wirklichkeit genießen. Wir werden später eine Wissenschaft kennen lernen, die auf den ersten Blick der Geometrie sehr nahe verwandt zu sein scheint, die reine Mechanik. Auch sie beschäftigt sich mit abstrakten Begriffen, aber sie genießt nicht denselben Vorzug wie die reine Mathematik;

¹ H. POINCARÉ, *L'espace et la géométrie*. Revue de métaphysique, 1895, S. 638. — Vgl. ders., *La géométrie non-euclidienne*. Revue générale des sciences, 1891, S. 772.

denn wir können uns vorstellen (und müssen es sogar, wie wir später sehen werden), daß sich die Wirklichkeit nicht genau nach ihr richtet. Wir untersuchen hier nicht den Grund für dieses Vorrecht der reinen Mathematik; es ist dies ein Kapitel aus der Philosophie der Mathematik, mit welcher der Gegenstand dieses Buches nichts zu tun hat. Wir wollen hier lediglich feststellen, daß die Tatsache selbst nicht bestritten werden kann und daß man unmöglich im Ernst daran zweifeln kann, daß eine geometrische Ableitung durch die Erfahrung bestätigt werden wird.¹

Wie das Vorstehende zeigt, wäre es vergeblich, für den Raum dieselbe Ableitung zu versuchen, die wir für die Zeit durchgeführt haben. Das Postulat der Gesetzmäßigkeit allein wird nicht ausreichen; denn, wie wir soeben sahen, schreiben wir dem Raum eine größere Gleichförmigkeit zu, als die Gesetzmäßigkeit, strenggenommen, verlangen würde. Es muß also hier noch ein besonderes Prinzip oder Postulat hinzukommen. Es ist das der „freien Beweglichkeit“. Dieses Postulat bildet sicherlich einen unentbehrlichen Bestandteil unserer Raumvorstellung. Es ist übrigens klar, daß man über die Zeit keine derartige Aussage machen kann. Sie stellt sich uns als gleichförmig in derselben Richtung ablaufend dar; die Annahme, wir könnten uns in ihr frei bewegen, in die Vergangenheit und in die Zukunft reisen, enthält mindestens ebensoviel Widersinnigkeiten wie die entgegengesetzte Annahme über den Raum.²

In dieser Hinsicht besteht also zwischen dem Raum und der Zeit keine vollständige Analogie. Von diesem neugeborenen Hund weiß

¹ Diese Beziehung zwischen der geometrischen Deduktion und den physikalischen Feststellungen hat durch die neueren Ansichten ein anderes Aussehen erhalten. Vgl. darüber mein Buch *La déduction relativiste*, besonders die §§ 86, 98, 156 [Zusatz zur 3. Auflage des Originals].

² Vgl. weiter unten S. 221–222. Man überzeugt sich leicht, daß die moderne Theorie der „Ortszeit“, die in so vielen Beziehungen tiefe Umwälzungen herbeigeführt hat, dennoch, entgegen dem Anschein, diesen fundamentalen Unterschied zwischen Zeit und Raum unberührt gelassen hat. MINKOWSKIS Ausspruch, daß „Raum für sich und Zeit für sich völlig zu Schatten herabsinken und nur noch eine Art Union der beiden Selbständigkeit bewahren soll“ (*Raum und Zeit*, Leipzig und Berlin, 1909, S. 1) könnte allerdings darüber Zweifel aufkommen lassen. Aber EINSTEINS fundamentales Argument, das in dem Hinweis darauf besteht, daß man „nicht in die Vergangenheit telegraphieren kann“, genügt, um einzusehen, daß sich in dieser Hinsicht nichts geändert hat. Die neue Theorie führt allerdings in ganz bestimmter Hinsicht zu einer Angleichung der beiden Begriffe von Raum und Zeit (vgl. weiter unten S. 264, Anmerkung 1); es ergibt sich daraus, daß zwei Beobachter, die sich verschieden bewegen, die abgelaufene Zeit ver-

ich, daß er in zwei Jahren erwachsen, in zwanzig abgelebt und spätestens in dreißig Jahren tot sein wird. Bringe ich ihn aber in einen anderen Teil des Raumes, so bleibt er, was er war. Allerdings wird er sich unbehaglich fühlen, wenn ich ihn auf den Gipfel des Mont Blanc bringe, und wenn ich ihn auf dem Grunde eines Teiches festhalte, so wird er ersticken; das liegt aber daran, daß die physikalischen sichtbaren Verhältnisse der Umgebung sich geändert haben, und nicht an dem einfachen Ortswechsel als solchem. Die Gegenstände verändern sich nicht unter der Wirkung des Raumes, wie sie das unter der Wirkung der Zeit tun; schon die Aussage erscheint im ersten Falle paradox und verletzt das Sprachgefühl, während sie im zweiten Fall banal ist. Der Raum ist wirklich eine „reine Form“, die jedes Inhaltes bar ist (von der Zeit hat man das gleichfalls aber zu unrecht behauptet).¹

Alle Postulate, die wir aufgezählt haben und die unentbehrlich sind, wenn wir Gesetze aufstellen wollen, brauchen wir auch, wenn wir von Ursachen sprechen wollen. Allein es kommt noch etwas hinzu. In der Tat, wenn stets vollkommene Gleichheit zwischen Ursachen und Wirkungen besteht, wenn nichts entsteht noch vergeht, so beweist das, daß nicht nur die Gesetze, sondern auch die Dinge in der Zeit beharren. Dieses Prinzip drückt ARISTOTELES aus, allerdings nur in der Anwendung auf die „Substanzen“, wenn er sagt: „Daß die Substanzen im eigentlichen Sinne und im allgemeinen alle absolut existierenden Wesen von einem früher bestehenden

schieden beurteilen. Man kann sich daher einen Beobachter vorstellen, der die Erde verlassen hat und sie nach zweihundert Jahren wiederfindet, während er selbst inzwischen nur zwei Jahre verlebt hat (vgl. LANGEVIN, *L'évolution de l'espace et du temps*, Revue de métaphysique et de morale, Juli 1911, S. 459); aber diese Fiktion widerspricht durchaus nicht dem, was wir über die Unmöglichkeit einer Reise in die Zukunft gesagt haben; denn nachdem der Reisende einmal die Spanne von zwei Jahrhunderten zurückgelegt hat, kann er mit keinem Mittel den Weg wieder zurück machen. Man kann daher diese Erfindung unter die Märchen einreihen, in denen ein zeitweiliger Stillstand des animalischen Lebens angenommen wird, wie in ABOUTS *Homme à l'oreille cassée* oder in WELLS *Schläfer*, Phantasien, die unseren Sinn für das Mögliche nicht allzu sehr verletzen.

¹ SPIR, der für die Verschiedenheit des Raumes von der Zeit ein sehr klares Gefühl hatte, hat den Unterschied der beiden Begriffe nicht immer genau bezeichnet. Was er über die Unmöglichkeit sagt, sich eine leere Zeit vorzustellen (*Gesammelte Werke*, Bd. I, *Denken und Wirklichkeit*, 4. Aufl., Leipzig 1908, S. 315 f.), gilt genau so gut für einen Raum, der durch nichts gekennzeichnet wäre. Das Beispiel, auf das er sich stützt, von dem Menschen, der geschlafen hat, hat sein Analogon in dem anderen Menschen, der mit der übrigen Welt durch einen leeren Raum transportiert worden wäre.

Subjekt herrühren, das sieht man deutlich. Stets gibt es ein Wesen, das zuvor bestanden hat und aus dem das entstehende und werdende entsteht“.¹ LUKREZ sagt ganz allgemein: *Eadem sunt omnia semper*. Und denselben Gedanken drückt COURNOT sehr präzise folgendermaßen aus: „Überall, wo physikalische Erscheinungen zunächst auf Ursachen oder Kräften zu beruhen scheinen, die sich mit der Zeit verändern, verlangen die Gesetze unseres Verstandes, daß wir die betreffende Erscheinung erst dann als erklärt ansehen, wenn sie auf beharrliche, sich in der Zeit nicht verändernde Ursachen zurückgeführt worden ist, deren Wirkungen allein sich von einem bestimmten Zeitpunkt an infolge des Zustandes verändern, in dem sich die Welt oder die Teile der Welt zu diesem Zeitpunkte befanden; solche Zustände aber betrachtet unser Verstand nicht als Gesetze, sondern als Tatsachen“.² HELMHOLTZ, von dem wir gesehen haben, daß er versucht hat, die Kausalität auf die Gesetzmäßigkeit zurückzuführen, hat dennoch an einer anderen Stelle erklärt, daß es das letzte Ziel der Naturwissenschaft sei, „die Naturerscheinungen zurückzuführen auf unveränderliche, anziehende und abstoßende Kräfte, deren Intensität von der Entfernung abhängt“. Und er sagt weiter, daß „die Lösbarkeit dieser Aufgabe zugleich die Bedingung für die vollständige Begreiflichkeit der Natur“ sei.³

Wir können das soeben Dargelegte zusammenfassen, indem wir sagen, daß das Prinzip der Kausalität die Anwendung eines Postulats auf die Zeit erfordert, das unter der alleinigen Herrschaft der Gesetzmäßigkeit lediglich für den Raum Geltung hat.]

Bevor wir weitergehen, müssen wir noch eine Schwierigkeit mehr logischer Art beseitigen. Die vorstehende Überlegung beruht offenbar auf einer Unterscheidung zwischen den Gegenständen und den Gesetzen. Ist aber ein Gegenstand etwas anderes als eine Gruppe von Erscheinungen? Nun werden aber alle diese Erscheinungen von Gesetzen beherrscht. Ist also das, was wir einen Gegenstand nennen, nicht einfach eine Gruppe von gesetzlichen Beziehungen? Man kann die Wahrheit dieses Satzes unmittelbar einleuchtend machen, wenn man bemerkt, daß wir einen Gegenstand nur durch seine Eigenschaften kennen, und daß jede Eigenschaft sich durch ein Gesetz

¹ ARISTOTELES, *Physik*, I. 8.

² COURNOT, *Traité de l'enchaînement etc.* Paris 1861, S. 276.

³ HELMHOLTZ, *Über die Erhaltung der Kraft*. Berlin 1847, S. 6.

ausdrücken läßt. Was ist Schwefel? Es ist ein fester gelber Körper, der bei 114° schmilzt, bei 448° siedet, bei der Verbrennung ein Gas erzeugt, das unter dem Namen Schwefeldioxyd bekannt ist usw. Nun spreche ich aber unstreitig Gesetze aus, wenn ich sage: Schwefel ist gelb, Schwefel schmilzt bei 114° usw. Wie kann ich also für die Gesetze, aber nicht für die Gegenstände, die zeitliche Unveränderlichkeit behaupten?

Betrachten wir unsere Beschreibung der Eigenschaften des Schwefels etwas genauer! Wenn wir ihn als festen gelben Körper bezeichnen, wollen wir dann damit sagen, daß er das immer ist? Sicherlich nicht. Wir wissen sehr wohl, daß er auch eine bräunliche Flüssigkeit sein kann, und daß er auch als fester Körper sich als ein ziemlich weißes Pulver darstellen kann, wenn er sich aus einer Lösung von Schwefelleber niederschlägt; wenn wir übrigens ein Stück Schwefel mit monochromatischem grünen Licht beleuchten, so erscheint es grün. In Wirklichkeit verhält es sich also so, daß bei jeder der von uns angeführten Eigenschaften bestimmte Bedingungen mitgedacht wurden. Wenn wir sie in gewissen Fällen nicht ausdrücklich zu spezifizieren brauchten, so setzten wir eben das voraus, was man als die *gewöhnlichen Bedingungen* bezeichnet, d. h. diejenigen, die wir in der ungeheuren Mehrzahl der Fälle in der uns umgebenden Welt antreffen. So gehört zu diesen Bedingungen z. B. eine Temperatur, bei der der Schwefel fest bleibt, ferner die Beleuchtung durch Sonnenlicht oder das Licht eines glühenden Körpers, und ebenso konnten wir, da der Schwefel hauptsächlich als kompakter Körper im Handel ist, auch diese Bedingung bei der Aufzählung seiner Eigenschaften zur Not weglassen. Bei mehreren der oben angegebenen Eigenschaften kann man allerdings nicht so verfahren. Wenn ich sage, daß der Schwefel bei 114° schmilzt und bei 448° siedet, oder daß er brennbar ist, so ist es klar, daß diese Erscheinungen nur bei einer höheren Temperatur beobachtet werden können, d. h. wenn die gewöhnlichen Bedingungen zu bestehen aufhören. Zweifellos nehmen wir an, daß dieser Erscheinung, die nur unter ganz bestimmten Bedingungen auftritt, auch in dem Schwefel von gewöhnlicher Temperatur *irgend etwas* entspricht; übrigens etwas schlecht Definiertes, das sich nicht dauernd zeigt, sondern sich nur zeigen *kann*, wie das ja schon deutlich durch die grammatische Form unserer Worte zum Ausdruck kommt, wenn wir sagen, der

Schwefel sei schmelzbar oder brennbar. Es handelt sich dabei nicht um eine aktuelle Beschaffenheit, sondern um eine *Fähigkeit*, und wenn man sich dessen erinnert, was wir weiter oben gesagt haben, so wird man bemerken, daß im Grunde alle Eigenschaften, die wir den Körpern zuschreiben, nichts weiter als solche *Fähigkeiten* sind, denn sie zeigen sich alle nur unter bestimmten Bedingungen und können sich mit diesen Bedingungen ändern.]

Nachdem dies festgestellt ist, sieht man deutlich, wo sich in dieser Hinsicht der Unterschied zwischen der rein gesetzmäßigen und der kausalen Ansicht von der Natur befindet. Das Gesetz sagt einfach, daß, wenn sich die Bedingungen in bestimmter Weise ändern, auch die *aktualen* Eigenschaften der Körper eine ganz bestimmte Änderung erleiden müssen; das Kausalprinzip dagegen verlangt Gleichheit zwischen Ursachen und Wirkungen, d. h. daß die ursprünglichen Eigenschaften zusammen mit der Änderung der Bedingungen gleich den geänderten Eigenschaften sein müssen. Wir werden später sehen, welche Irrtümer aus diesen nur scheinbaren Schwierigkeiten entstanden sind, die wir soeben behandelt haben.¹

Woher entspringt das Postulat der Kausalität? Es ist zunächst einmal klar, daß der Instinkt der Selbsterhaltung dabei keine Rolle spielt. Wenn ich nur den Lauf der Ereignisse voraussehen kann, so besitze ich alles Wissen, was ich zum Handeln brauche. Die Gewißheit, daß die Wirkungen gleich den Ursachen sind, verschafft mir an sich keine Belehrung, die mir in dieser Hinsicht von Nutzen sein könnte, oder vielmehr sie verschafft mir eine solche nur insofern, als ich imstande bin, mit ihrer Hilfe Voraussagen aufzustellen, d. h. Erfahrungsregeln zu bilden. Ebenso leuchtet es ein, daß das Kausalitätsprinzip nicht wie das der Gesetzmäßigkeit fortwährend durch unsere Empfindungen bestätigt wird; es wird sogar durch sie erschüttert. Alle uns bekannten Objekte verändern sich dauernd, und wir haben die sehr deutliche Empfindung, daß unsere eigene Individualität derselben Regel unterworfen ist. Wenn wir von ewig unveränderlichen Dingen sprechen, so wissen wir sehr wohl, daß wir uns ungenau ausdrücken, es sei denn, daß es sich um rein ideale Gegenstände handelt. Der Planet selbst, auf dem wir

¹ Siehe weiter unten S. 225 ff.

leben, und das ganze System, dem er angehört, erscheinen uns als in fortwährender Wandlung begriffen.¹

Um die wahre Quelle des Prinzips zu entdecken, genügt es, sich des Namens zu erinnern, mit dem LEIBNIZ und viele andere nach ihm es bezeichnet haben. Es ist das Prinzip des bestimmenden oder zureichenden Grundes. Wo wir es zur Geltung bringen, wird die Erscheinung *rational*, unserer Vernunft angemessen; wir begreifen sie und können sie erklären. Jeder von uns fühlt in sich diesen Drang, zu erkennen und zu begreifen. COMTE leugnete zwar seine Existenz nicht, glaubte aber, daß es „einer der am wenigsten beherrschenden unserer Natur“ sei. Das ist eine Behauptung, der, scheint es, das unmittelbare Gefühl all derer unbedingt widerspricht, die Wissenschaft treiben und forschen. Oft haben große Forscher bei sich die Kraft dieses Triebes anerkannt, und insbesondere H. POINCARÉ erklärt nicht nur, daß wir uns nicht leicht dabei bescheiden, „den Grund der Dinge nicht zu kennen“,² sondern, daß nach seiner Ansicht dieses Gefühl stärker als das ist, das uns zum Handeln treibt. „In meinen Augen“, sagt er, „ist die Erkenntnis das Ziel und die Handlung das Mittel“.³ Selbst MACH gibt zu: „Das wissenschaftliche Denken schafft sich seine eigenen Ziele, sucht sich selbst zu befriedigen, jede intellektuelle Unbehaglichkeit zu beseitigen“.⁴ Schon ARISTOTELES hatte gesagt: „Der Mensch hat von Natur die Leidenschaft zu erkennen“.⁵ Und SPINOZA, daß „der Geist nur das als ihm selbst nützlich ansieht, was zum Verstehen führt“.⁶

¹ SPIR hat diesen Mangel an Übereinstimmung zwischen der Wirklichkeit und dem Postulat der Identität stark betont (vgl. u. a. a. O., S. 120 f.). Ganz mit Recht sieht er darin einen Beweis für die Apriorität dieses Postulates. — Schon WUNDT hatte hervorgehoben (*Die physikalischen Axiome und ihre Beziehung zum Kausalprinzip*, Erlangen 1866, S. 125), daß bei einer Veränderung „die Anschauung uns nötigt zwei Dinge zu setzen, die Reflexion dagegen nur ein Ding gelten lassen will“. Indessen erklärt er an anderer Stelle, daß diese Vorstellung von etwas, das in der Veränderung erhalten bleibt, nicht apriorisch sei, sondern im Gegenteil durch die Erscheinungen selbst nahegelegt werde (a. a. O., vgl. 2. Aufl., Stuttgart, 1910, S. 173, wo der gleiche Gedanke in etwas anderer Form aber präziser ausgedrückt wird).

² H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse*, S. 258.

³ H. POINCARÉ, *Sur la valeur objective de la science*, Revue de métaphysique, 1902, S. 266.

⁴ E. MACH, *Erkenntnis und Irrtum*, Leipzig 1905, S. 2.

⁵ ARISTOTELES, *Metaphysik*, I, 1.

⁶ SPINOZA, *Ethik*, Teil IV, Satz 27.

Übrigens wird die Entwicklung der Wissenschaften zu einem Rätsel, wenn man von diesem Streben des menschlichen Geistes absieht. Wir haben allerdings gesehen, daß jedes Wissen unter dem Gesichtspunkt der Voraussicht nützlich ist oder bestimmt einmal wird. Das aber ist eine Wahrheit, die weit davon entfernt ist, unmittelbar einleuchtend zu sein; vielmehr wäre sie zu den Zeiten, da die Naturwissenschaften noch wenig entwickelt waren, als paradox erschienen. Wie soll man also den sehr großen Eifer erklären, den die Menschheit beim Erwerb eines Wissens bewiesen hat, „dessen Gegenstand weder das Vergnügen noch das Bedürfnis sein konnte“, wie ARISTOTELES sagt, der ausdrücklich die mathematischen Wissenschaften in diese Kategorie einreicht?¹ Was konnte man sich in der alexandrinischen Zeit für eine Vorstellung von einer möglichen Verwendung der Kegelschnitte machen? Ist es so sicher, daß die physikalischen Lehren der alten Atomisten oder die des ARISTOTELES praktische Anwendungen unter dem Gesichtspunkt der Voraussicht gestatteten? Man könnte allerdings einwenden, daß es sich hier nicht um Naturwissenschaft, sondern um Metaphysik gehandelt habe. Nun, dann wollen wir gleich sagen, daß das Vorhandensein dieses Zweiges des menschlichen Wissens allein schon genügen würde, um die Wirklichkeit des Triebes zu beweisen, von dem wir reden. In der Tat, so sehr man auch von der Unfruchtbarkeit dieser Untersuchungen überzeugt sein mag, man kann doch nicht verkennen, daß die Menschheit ihnen eine ungeheuere Summe von Anstrengungen gewidmet hat und daß die stärksten Geister sie zu ihrer Lieblingsbeschäftigung erwählt haben. Nun aber geht die Metaphysik nach ihrem eigenen Geständnis darauf aus, das Wesen der Dinge zu erkennen und zu verstehen, und das, wie ARISTOTELES hervorhebt, ohne jeden Nützlichkeitszweck. Diese Sehnsucht muß doch also sehr stark in uns sein, und wenn es wahr ist, daß das Ziel unerreichbar ist, so bildet gerade die Unfruchtbarkeit der immer wiederholten Anstrengungen einen weiteren Beweis für die Macht, mit der die Menschheit dahin strebt.

Es ist übrigens leicht, den Zusammenhang festzustellen, der zwischen der Vorstellung des Rationalen und der der Beharrung in

¹ ARISTOTELES, a. a. O. Schon PLATON hatte hervorgehoben, daß entgegen dem Augenschein die Geometrie keinen praktischen Zweck verfolgt, sondern „der eigentliche Zweck dieser ganzen Wissenschaft nichts anderes ist als die reine Erkenntnis“ (*Der Staat*, übers. von O. APELT, Leipzig 1916, S. 288).

der Zeit besteht. Das Prinzip der Identität ist die wahre Quintessenz der Logik, die Form, in die der Mensch seine Gedanken gießt. „Ich gebe zu“, sagt CONDILLAC, „daß man in dieser Sprache (sc. der des Kalküls) wie in allen anderen nur identische Sätze ausspricht, sofern nur die Sätze wahr sind“, ¹ und in seiner *Logik* behauptet er, daß „die Evidenz der Vernunft ausschließlich in der Identität besteht“. ²

Immerhin, der Satz, daß ein Gegenstand mit sich selbst identisch ist, scheint ein Urteil der reinen Logik zu sein und dazu noch eine einfache Tautologie oder, wenn man lieber will, ein analytisches Urteil, nach KANTS Terminologie. Sowie man aber die Zeit hinzunimmt, verdoppelt sich sozusagen der Begriff; denn er gewinnt zu dem analytischen noch einen synthetischen Sinn, wie SPIR das in ausgezeichneter Weise sagt. Der Satz ist analytisch, „wenn er bloß das Resultat einer Analyse des Begriffes ausdrückt, synthetisch dagegen, wenn er als eine Behauptung über die Natur realer Gegenstände gemeint ist“. ³ Aber diese Beziehung zwischen dem Prinzip des bestimmenden Grundes und dem der Identität war schon LEIBNIZ völlig klar, wie man aus der Darstellung COUTURATS ⁴ entnehmen kann, und wie es übrigens auch schon die Art andeutet, wie LEIBNIZ an der oben (S. 17) von uns angeführten Stelle die beiden Prinzipie in Parallele stellt.

Demnach ist also das Prinzip der Kausalität weiter nichts als das auf das Dasein der Gegenstände in der Zeit angewandte Prinzip der Identität. Wir haben nach dem Ausdruck von LEIBNIZ etwas gesucht, „was dazu dienen kann, *a priori* zu begründen, weshalb die Sache gerade so und nicht anders existiert“. Was kann den Bestimmungsgrund für das durch die Zeit bedingte Sein abgeben? Es gibt nur einen, der möglich wäre: die Präexistenz. Die Dinge sind so, wie sie sind, weil sie schon zuvor so waren.

¹ CONDILLAC, *La langue des calculs*, Paris, an VI, S. 60.

² CONDILLAC, *Logique*, Paris, an VI, S. 177.

³ SPIR, a. a. O., S. 184.

⁴ L. COUTURAT, *La logique de Leibniz*, Paris 1901, S. 186, 208 ff. Siehe auch die Darstellung von demselben Verfasser in der Société française de philosophie, Bulletin II, Jahrg. 1902, 27. Febr. Das ist auch die Ansicht CASSIRERS (*Leibniz, System in seinen wissenschaftlichen Grundlagen*, Berlin 1902, S. 325). Jedoch erscheint das Prinzip der Gleichheit von Wirkung und Ursache bei LEIBNIZ meistens als unabhängig, und manchmal erhält es sogar den Anschein eines aus der Erfahrung abgeleiteten Satzes. Vgl. *Mathematische Schriften*, Ausg. GERHARDT, Bd. II, S. 308.

Aus dem vorstehenden geht, wie uns scheint, klar hervor, daß das Prinzip der Kausalität von dem der Gesetzmäßigkeit grundverschieden ist. Aber ein Irrtum wie die Verwechslung dieser beiden Prinzipie, der so schwerwiegend durch seine Folgen und so allgemein verbreitet ist und den so viele gute Köpfe teilen, ein solcher Irrtum kann nur dann als beseitigt angesehen werden, wenn wir auch in der Lage sind, ihn zu erklären. Vor allem scheint er uns auf der ungenauen Bedeutung zu beruhen, in der wir im allgemeinen den Ausdruck *Ursache* gebrauchen. Nicht als ob wir uns seiner wirklich falsch bedienen. Aber notwendigerweise und in den meisten Fällen, ohne uns dessen bewußt zu sein, wenden wir, wenn wir von Ursachen sprechen, die stilistische Figur an, die die Griechen *Synekdоче* nannten, d. h. wir setzen den Teil für das Ganze.

Ich habe heute früh meinen Zug verpaßt. Was war die Ursache? Meine Uhr ging nach.

Sicherlich wäre ich, wenn meine Uhr richtig gegangen wäre, früher aufgestanden oder ich hätte mich rascher angezogen und hätte zur Zeit ankommen können. Aber wenn ich nicht so weit vom Bahnhof wohnte, wäre ich auch noch hingekommen; und auch wenn die Pariser Droschken bessere Pferde hätten oder der Zug einige Minuten Verspätung . . . In dieser Weise könnte ich beinahe unbegrenzt fortfahren.

Was ist nun aber das, was ich zunächst mit dem Wort „Ursache“ bezeichnet habe? Es ist eine der Bedingungen, die die Erscheinung bestimmen. Wollte ich denn aber sagen, es sei die einzige? Keineswegs! Sie erschien mir nur im Augenblick einfach als die *bemerkenswerteste*; und man erkennt sofort, daß es dafür mannigfache Gründe geben kann: es ist diejenige Bedingung, die der Person, mit der ich spreche, am wenigsten bekannt ist; es ist auch die am wenigsten feststehende, diejenige, von der mir schien, daß sie am leichtesten abzuändern gewesen wäre. Auf die Züge und die Pariser Droschken habe ich gar keinen Einfluß, und ein Umzug zu dem Zweck, näher am Bahnhof zu wohnen, wäre sehr umständlich gewesen; aber der Besitz einer besser gehenden Uhr oder auch nur eine am Vorabend vorgenommene Kontrolle ihres Ganges hätte genügt, um zu verhindern, daß das von mir bedauerte Ergebnis eintrat.¹

¹ „In der reinen physischen Ordnung ist im Grunde keine notwendige Bedingung mehr Ursache als irgendeine andere.“ RENOUVIER, *La Méthode phénoméniste*, Année philosophique, 1890, S. 20.

Dennoch habe ich keinen Augenblick daran gezweifelt, daß die es bestimmenden Bedingungen sehr zahlreich waren und daß jede von ihnen wieder durch eine Menge anderer bestimmt wurde, die sich sehr weit in die Vergangenheit erstreckten. Denn schließlich mußte es, damit ich durch die Schuld meiner Taschenuhr meinen Zug versäumen konnte, erst Eisenbahnen und Taschenuhren geben, zwei Erfindungen, die sicher sehr direkte Folgen jener großen geistigen Bewegung sind, die man Renaissance nennt und die das Werk wieder aufgenommen und fortgesetzt hat, das vor mehr als zweitausend Jahren der griechische Geist in so bewundernswerter Weise begonnen hatte. Wenn ich also die Analyse nur weit genug treibe, komme ich zu der Überzeugung, daß daran, daß ich heute früh meinen Zug versäumt habe, Marathon und Salamis nicht ganz unbeteiligt waren; denn diese beiden Schlachten haben den persischen Despotismus daran gehindert, die griechische Kultur im Keime zu ersticken. Wie MILL gesagt hat: „die wirkliche Ursache ist die Gesamtheit der Antezedentien“.¹

Alles dies fühlen wir in unbestimmter Weise. Aber gerade weil wir das Gefühl haben, daß da eine Verkettung vorliegt, in der wir Gefahr laufen, uns zu verlieren, vereinfachen wir. Wir abstrahieren von allen Bedingungen, so wesentlich sie auch sein mögen, zugunsten einer einzigen, die wir hervorzuheben die Absicht haben. Ich habe es unterlassen, von der Erfindung der Eisenbahn und der Taschenuhr zu reden, und bin dadurch jeder Versuchung ausgewichen, bis zur Schlacht von Marathon zurückzugehen, und ebenso habe ich eine Menge anderer Umstände unerwähnt gelassen, weil ich annahm, daß sie für die Person, mit der ich sprach, ohne Interesse wären.

Es bedeutet also eine unerfüllbare Aufgabe, die Ursachen irgend-einer Erscheinung aufzuzählen. Man muß die Aufgabe begrenzen und sich mit einer teilweisen Erfüllung zufrieden geben. Aus diesem Grunde gleichen wir alle, wenn wir von Ursachen sprechen, den Kindern, die mit den unmittelbarsten Antworten auf ihre Fragen zufrieden sind; oder besser noch: jenem gläubigen Hindu, dem die Brahmanen erklären, daß die Erde auf dem Rücken eines Elefanten ruht, der seinerseits auf einer Schildkröte steht; diese aber sitzt auf einem Walfisch. Alles, was uns als ein Schritt auf dem Wege zur Erklärung erscheint, das schmücken wir mit dem Namen der Ursache.

¹ J. ST. MILL, *A System of Logic*, London 1884, S. 340.

Wir nehmen daher auch keinen Anstoß daran, wenn dieser Ausdruck da gebraucht wird, wo es sich in Wirklichkeit um ein Gesetz handelt. Es ist nämlich die Erforschung des Gesetzes in der Erforschung der Ursache mit enthalten. In der Tat werden alle Bedingungen, welche die Gesetzmäßigkeit hinsichtlich der Zeit und des Raumes verlangt, auch für die Kausalität gefordert; nur fügt diese eine neue Forderung hinzu, nämlich die der Identität der Gegenstände in der Zeit. Es ist also ganz sicher, daß von der Herstellung einer ursächlichen Verknüpfung so lange keine Rede sein kann, als das gesetzliche Band die Erscheinungen noch nicht verbindet; andererseits bildet die Herstellung dieser Verbindung stets einen Schritt auf dem Wege, der zu jener führt. Wir werden z. B. sagen, daß die tiefe Lage des Siedepunktes des Petroleums die Ursache dafür ist, daß Petroleumflecke nach einiger Zeit verschwinden. Wir haben nämlich damit das Verschwinden des Fleckes mit den Erscheinungen des Siedens in Verbindung gebracht. Sollten diese Erscheinungen (wie wir das annehmen) einmal erklärt sein, würden wir ihre Ursachen kennen, so würden damit gleichzeitig auch die Ursachen für das Verschwinden des Fleckes bestimmt sein.

Wir verfahren übrigens ebenso auch außerhalb der eigentlichen Naturwissenschaften. Wollen wir eine Erscheinung erklären, ihre Ursachen erforschen, so suchen wir entweder ihre Präexistenz in der Zeit zu erkennen — das heißt wahrhaft das Postulat der Kausalität anwenden — oder wir suchen die empirische Regel, die ihre zeitliche Änderung beherrscht, was darauf hinausläuft, daß wir — vorläufig und bis wir mehr leisten können — nur das Postulat der Gesetzmäßigkeit anwenden. Nun haben wir es aber hier mit Erscheinungen zu tun, die uns vom eigentlich wissenschaftlichen Standpunkte aus als sehr kompliziert erscheinen — das ist ja der Grund, aus dem wir ihre Erforschung nicht zum Gebiet der eigentlichen Naturwissenschaften rechnen. Daher betrachten wir eine Erklärung dieser Erscheinungen gemäß dem Postulat der Kausalität als in weiter Ferne — man möchte sagen, in unendlicher Ferne — liegend. Aus diesem Grunde scheinen hier Ursache und Gesetz gleichbedeutend zu sein und beinahe ineinander zu fließen. Wenn ein Historiker, um den Untergang des Römerreiches zu erklären, ähnliche Tatsachen aus der Geschichte anderer Völker heranzieht, oder wenn der Verfasser eines psychologischen Romans seinen Helden „seziert“,

um uns zu zeigen, daß seine Handlungen, mögen sie uns auch noch so seltsam vorkommen, dennoch durch die gleichen Beweggründe bestimmt werden, die wir an den Menschen unserer Umgebung und an uns selbst kennen, so berufen sich alle beide auf die Gesetzmäßigkeit. Trotzdem werden sie natürlich, wo sie die Möglichkeit haben, versuchen, dem Postulat der Kausalität Genüge zu tun. Da wird der Historiker uns auseinandersetzen, daß die Ausbreitung des Christentums die Folge einer Tendenz zum Mystizismus war, die schon vorher in der antiken Welt allgemein verbreitet war, und der Romanschriftsteller wird uns zeigen, daß die verhängnisvolle Verblendung seines Helden eine Folge seines im Grunde leidenschaftlichen Temperaments war, wenn auch die Äußerungen dieses Temperaments vorher durch sein tätiges Leben unterdrückt worden waren. Gesetz oder zeitliche Identität, sie liegen allen unseren Erklärungen auch außerhalb der Naturwissenschaften zu grunde; hier die eine, dort die andere, meistens aber beide vermischt, ohne daß wir uns sozusagen dieser Vermengung bewußt würden.

Außer der erwähnten Synekdoche gibt es noch einen anderen Umstand, der unsere Einsicht in die Bedeutung der Kausalität trübt. Das ist der Mangel an Präzision, der dem Ausdruck „Ursache“ anhaftet. Die soeben festgestellte Bedeutung erschöpft seinen Inhalt nicht. Um sich davon zu überzeugen, braucht man nur an einen freien Willensakt zu denken. Wenn ich durch einen Willensakt eine äußere Veränderung hervorbringe oder wenn der Gläubige eine Erscheinung dem Eingreifen der Gottheit zuschreibt (wir haben oben gezeigt, daß diese beiden Vorstellungen nahe verwandt sind), so zögert man sicherlich nicht von Ursache und Wirkung zu sprechen. Nun ist aber hier keine irgendwie geartete Identität möglich, und, was noch mehr bedeutet, diese Tatsache ist mir unmittelbar evident. Nicht einen Augenblick kann ich mich der Täuschung hingeben, daß mein Wille etwas wäre, was der von ihm hervorgerufenen Bewegung analog ist. Es liegt also hier ein Begriff der Kausalität vor, der sich von Grund aus von jenem unterscheidet, den wir zuvor untersucht haben und der auf die Identität gegründet ist. Um den Unterschied hervorzuheben, wollen wir diesen letzten Begriff als den der *wissenschaftlichen Kausalität* und im Gegensatz dazu den anderen als den der *theologischen Kausalität* bezeichnen, weil er ja auch, wie wir soeben gesehen haben, bei der Annahme eines

Eingreifens der Gottheit in die Naturereignisse zur Anwendung kommt.

Darf man sich darüber wundern, daß zwei Begriffe, die so verschieden, ja einander so entgegengesetzt sind, wie der der wissenschaftlichen und der der theologischen Kausalität, mit dem gleichen Ausdruck bezeichnet werden? Was sie miteinander gemein haben, sieht man ja deutlich: die Ursache ist, was die Wirkung hervorbringt, was sie hervorbringen soll. In dem einen Falle gewinne ich die Überzeugung von der Verknüpfung der Ursache mit der Wirkung aus dem Beweise, daß die beiden im Grunde identisch sind: dieser Beweis beruht also auf Schlüssen; in dem anderen Falle dagegen schöpfe ich diese Überzeugung aus meinem Willensakt, der ja, wie SCHOPENHAUER hervorgehoben hat, das Wesen des Ich ausmacht. Der Begriff der Ursache ist also in Wirklichkeit ein doppelter und gehört zum Teil der Welt des Verstandes, zum anderen Teil der des Willens an. Es könnte sogar sein, daß dieser letztere Begriff psychologisch betrachtet der frühere wäre, d. h. daß die Vorstellung von der Verknüpfung ursprünglich aus dem Gefühl entsteht, daß ich imstande bin, nach Belieben eine Wirkung auszuüben; die Identität dann erst nachträglich auf diese ursprüngliche Vorstellung aufgepfropft werden, um angesichts der Unmöglichkeit, den Dingen einen Willen ähnlich dem meinen zuzuschreiben, das Bedürfnis nach Begreiflichkeit zu befriedigen. Mag es nun aber um dieses Problem der metaphysischen Psychologie stehen, wie es wolle, sicher ist, daß in der Wissenschaft der Begriff der aus der Identität abgeleiteten Kausalität — den wir deswegen den der wissenschaftlichen Kausalität genannt haben — der herrschende ist.¹

Wir haben vorhin gesehen, daß der Wilde und sogar das Tier das Prinzip der Gesetzmäßigkeit anwenden. Steht es mit dem der Kausalität ebenso? Es erscheint kaum möglich, dies für das Tier zu bejahen. Die Sehnsucht, zu begreifen, der philosophische Instinkt, „die Verwunderung über sein eigenes Dasein“, wie SCHOPENHAUER sagt,² scheinen uns ein Vorrecht des Menschen zu sein; wir werden jedoch später sehen, daß wir genötigt sind, auch den Tieren in ge-

¹ Wir werden zeigen (S. 323—324), daß in gewissen sehr engen Grenzen auch die Wissenschaft genötigt ist, von einem Begriff Gebrauch zu machen, der direkt aus dem der theologischen Kausalität abgeleitet ist.

² SCHOPENHAUER, *Die Welt als Wille und Vorstellung*. Ausg. FRAUENSTÄDT, Bd. II, S. 175.

wissem Sinne kausale Deduktionen zuzuschreiben. Jedenfalls aber können wir uns keinen menschlichen Verstand vorstellen, wie primitiv wir ihn auch annehmen mögen, ohne bei ihm solche Deduktionen vorauszusetzen. Das Kind stellt, sobald es sich nur auszudrücken versteht, einen solchen Überfluß an Fragen nach dem *Warum*, daß man zu der Ansicht kommt, das Streben nach der Kausalität habe bei ihm dunkel längst vor der Sprache bestanden.

Auf den folgenden Seiten werden wir die Rolle untersuchen, die das Postulat der Kausalität in den Naturwissenschaften spielt. Wir hoffen zeigen zu können, daß diese Rolle von sehr großer Bedeutung ist und daß weder die Entwicklung der Wissenschaft in der Vergangenheit noch ihr heutiger Zustand erklärbar sind, wenn man von diesem Prinzip absieht.

Wir wenden das Kausalitätsprinzip an, wenn wir die Erscheinung zu begreifen suchen. Wir werden also seine Auswirkungen am deutlichsten in demjenigen Teil der Wissenschaft finden, der der Erklärung gewidmet ist.

Gibt es denn aber überhaupt einen solchen Teil? Es leuchtet jedenfalls ein, daß er vom Standpunkt *BERKELEYS*, *TAINES* und *HELMHOLTZS* eine Anomalie darstellen würde; erklärt das Gesetz die Erscheinung, so ist nicht einzusehen, was man darüber hinaus noch suchen könnte. Um aus der Wissenschaft jeden Versuch einer Erklärung im eigentlichen Sinne zu verbannen, braucht man sich übrigens nur auf den Standpunkt zu stellen, daß das Ziel, das wir oben als das des empirischen Teiles der Wissenschaft bezeichnet haben, d. h. desjenigen Teiles, der die Gesamtheit der Gesetze umfaßt, das Ziel der Wissenschaft überhaupt sei. Diese Ansicht ist sehr klar von *AUGUSTE COMTE* ausgesprochen worden.¹ Es ergibt sich in der Tat aus dem Zusammenhang, in dem die oben (S. 12) von uns zitierte Stelle steht, daß er den von ihm definierten „Gebrauch der Gesetze“ als das Ziel „aller Wissenschaft“ ansah. Daher untersagt *COMTE* aufs strengste jeden Versuch, etwas jenseits des Gesetzes

¹ Hat *COMTE* eigentlich die später von *TAINES* ausgedrückte Meinung im Grunde geteilt, und hat er Gesetz und Ursache verwechselt? Man ist versucht, es zu glauben, wenn man liest, daß für ihn die Identität der Schwere der irdischen Körper mit der gegenseitigen Anziehung der Gestirne die wahre gegenseitige Erklärung dieser beiden Arten von Erscheinungen zu bilden scheint (*Cours*, Bd. II, S. 169). Man wird jedoch weiter unten sehen, daß *COMTE* den Begriff von einer „ersten oder Endursache“ kennt, die von dem Gesetz verschieden ist, wenngleich er das Suchen danach untersagt.

Liegendes zu suchen. Er kommt auf dieses Verbot mehrmals zurück, bildet es doch bekanntlich einen der Ecksteine seiner Philosophie:

„Offenbar können wir nicht wissen, was im Grunde diese Wechselwirkung der Gestirne und diese Schwere der irdischen Körper eigentlich ist: jeder Versuch in dieser Richtung wäre ganz notwendig von Grund aus illusorisch sowie vollkommen müßig; nur Köpfe, die jeder wissenschaftlichen Beschäftigung völlig fremd gegenüberstehen, können sich heute noch damit abgeben“. ¹ „Alle tüchtigen Köpfe erkennen heute an, daß unsere wirklichen Forschungen streng auf die Analyse der Erscheinungen beschränkt sind und daß sie das Ziel haben, deren wirkliche Gesetze, d.h. die zwischen ihnen bestehenden konstanten Beziehungen der Sukzession und der Ähnlichkeit zu entdecken, daß sie sich aber in keiner Weise auf die innere Natur der Erscheinungen, noch auf ihre ersten oder ihre Endursachen, noch auch auf die wesentliche Art ihrer Entstehung erstrecken“. ² Selbst wenn wir genötigt sind, Annahmen oder Hypothesen aufzustellen, soll deren einziger Gegenstand eine noch unbekannte empirische Regel sein. „Jede physikalische Hypothese darf, um wirklich beurteilt werden zu können, sich ausschließlich auf die Gesetze der Erscheinungen und niemals auf die Art ihrer Entstehung erstrecken“. ³

Auch für MACH ist die „Denkökonomie“ das einzige und endgültige Ziel der Wissenschaft. Er hat dieses Prinzip mit großer Strenge auf die Darstellung verschiedener Zweige der Physik angewendet und hat besonders auf der Meinung bestanden, daß die Wissenschaft nicht anders als beschreibend verfahren könne. Unabhängig von ihm hat KIRCHHOFF, einer der größten Physiker des XIX. Jahrhunderts, denselben Gedanken vertreten. Beide scheinen übrigens nichts von COMTE gewußt zu haben, der ja, wie wir soeben gesehen haben, sehr ähnliche Ansichten ausgesprochen hat. ⁴*)

¹ A. a. O., Bd. II, S. 169. — ² A. a. O., Bd. II, S. 298. — ³ A. a. O., Bd. II, S. 312.

⁴ Die Ähnlichkeit der Ansichten COMTES einerseits und KIRCHHOFFS und MACHS andererseits ist von KOZŁOWSKI beleuchtet worden (*Psychologiczne źródła*, Warschau 1899, S. 30; *Przegląd filozoficzny*, Warschau 1906, S. 193).

* Geht der Verfasser in seiner Behauptung, was KIRCHHOFF betrifft, nicht etwas zu weit? KIRCHHOFF schreibt zwar der Mechanik eine phänomenologische Behandlung vor, indem er ihr die Aufgabe zuweist, „die in der Natur vor sich gehenden Bewegungen vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben, doch nur, um sie von dem vagen Begriffe der Kraft als „Ursache der Bewegung“ zu befreien. (Man vergleiche den Kommentar

Die Stellung, die COMTE gegenüber den erklärenden Theorien eingenommen hat, führt zu ihrer völligen Ausscheidung aus der Wissenschaft. Der Schöpfer des Positivismus ist vor dieser Konsequenz nicht zurückgeschreckt. Von diesem Gesichtspunkt aus gelangt er dahin, zu bestreiten, daß die Wellentheorie des Lichtes, die von seinem großen Zeitgenossen FRESNEL in so glänzender Weise ausgebildet worden war, auf die Entwicklung der Optik irgendeinen Einfluß ausgeübt hätte.¹ Aber diese radikale Lösung hat den Nachteil, daß sie mit den Tatsachen in Widerspruch steht; es genügt, einen Blick auf die Entwicklung der Wissenschaft zu werfen, um sich davon zu überzeugen, daß die Praxis der Naturforscher eine ganz andere war. NEWTON drückt sich in den *Principia* folgendermaßen aus: „Ich habe bisher die Erscheinungen der Himmelskörper und die Bewegungen des Meeres durch die Kraft der Schwere erklärt.“² Und an anderer Stelle: „Ich habe noch nicht dahin gelangen können, aus den Erscheinungen den Grund dieser Eigenschaften der Schwere abzuleiten, und Hypothesen erdenke ich nicht.“³ Man hat zuweilen in diesem „*hypotheses non fingo*“ eine Art von Glaubensbekenntnis sehen wollen, als hätte NEWTON das Suchen nach einer erklärenden Hypothese als unberechtigt bezeichnen wollen. Man hat sich sogar manchmal eingebildet, NEWTON habe die Ausführung dieses Programms ermöglicht. „Verbannt sind nun alle Hypothesen,“ behauptet MUSSENBROEK 1731,⁴ d. h. in einem Augenblick, wo die Autorität NEWTONS auf ihrem Höhepunkt steht, und dieser Ausruf entschlüpft ihm gerade bei der Darstellung der Theorien der Newtonschen Schule über die Fernwirkung, Theorien, deren hypothe-

zu KIRCHHOFFS Auffassung in meinen „*Grundlagen der Hydromechanik*“, Berlin 1929, S. 109, 116). „Erklärungen“ im Sinne des Verfassers dieses Werkes hat sich KIRCHHOFF nicht verschlossen, sie bleiben den einzelnen Kapiteln der Physik vorbehalten. In seinen Vorlesungen über mathematische Physik gibt KIRCHHOFF bsp. eine vorzügliche Darstellung der kinetischen Gastheorie. Ltn.

¹ COMTE, a. a. O., Bd. II, S. 442. An anderen Stellen hat sich COMTE jedoch weniger absprechend geäußert. So verwirft er zwar den Äther, läßt aber die korpuskulare Theorie der Materie gelten, die er eine „gute Hypothese“ nennt (a. a. O. S. 641). Es ist wahrscheinlich, daß er in diesem Falle weniger seinen Prinzipien und mehr seinem ausgezeichneten wissenschaftlichen Instinkt gefolgt ist. Seine Ansicht nähert sich dann merklich derjenigen, welche die Hypothesen als Kunstgriffe zur Fixierung unserer Gedanken ansieht.

² NEWTON, *Mathematische Prinzipien der Naturlehre*. Übers. v. WOLFERS, Berlin 1872, S. 511.

³ A. a. O.

⁴ Vgl. ROSENBERGER, *Geschichte der Physik*, Braunschweig 1884, Bd. III, S. 3.

tischer Charakter auf der Hand liegt. Übrigens scheint NEWTON selbst gegen Ende seines Lebens geneigt gewesen zu sein, seinem berühmten Ausspruch einen etwas anmaßenden Sinn unterzulegen.¹ Nun beweist aber der Wortlaut der soeben von uns angeführten Stelle deutlich, daß NEWTON eine Hypothese gesucht hatte, ohne sie zu finden; später (S. 73) werden wir sehen, daß die *Optik* uns Spuren dieses Suchens aufbewahrt hat.² Im Grunde waren über diesen Punkt alle Zeitgenossen mit NEWTON einig. Die einen nahmen die Existenz von Fernkräften an, während die anderen äußerst verwickelte Theorien erdachten, die diese scheinbare Fernwirkung auf eine Wirkung durch Berührung zurückführten. Aber mochten sie nun Anhänger oder Gegner der sog. „Newtonschen“ Ansichten sein, sie waren sich jedenfalls darüber einig, daß die Erscheinung der Gravitation eine Erklärung verlange. Nun kann man aber, wenn man im Bereich der reinen Gesetzmäßigkeit bleiben will, sich nur schwer vorstellen, was sie eigentlich suchten. NEWTONS Gesetz ist von wunderbarer Einfachheit: es ist im übrigen absolut allgemein, da es die gesamte Materie umfaßt. Ohne Zweifel kann man sich noch allgemeinere Gesetze vorstellen, und NEWTONS Zeitgenossen hätten voraussehen können, daß die Gravitationserscheinungen eines Tages durch eine gemeinsame Regel mit der oder jener anderen Gruppe von Erscheinungen verknüpft werden würden. Merkwürdigerscheint es aber, daß sie einstimmig und gebieterisch *hic et nunc* diese „Erklärung“ d. h. etwas über das Gesetz Hinausgehendes verlangten, und es ist beinahe überflüssig, zu betonen, daß jedermann, angefangen mit NEWTON selbst, die Ausdrücke „Ursache“ und „Grund“ benutzte, um den Gegenstand dieser Nachforschungen damit zu bezeichnen. Wir können ihn noch näher charakterisieren, indem wir bemerken, daß LEIBNIZ, HUYGHENS und viele andere nach ihnen eine mechanische Theorie der Gravitation suchten und daß, wenn man eine brauchbare derartige Theorie hätte vorlegen können, die

¹ Vgl. besonders EDDLESTON, *Correspondence of Sir Isaac Newton*, etc., London 1850, den Brief von COTES vom 18. Februar 1713 und NEWTONS Antworten vom 28. und 31. März (S. 151—156).

² Man findet gleichfalls in der *Optik* eine vollständige Darstellung der Prinzipien der Atomistik (vgl. unten S. 456). Bekanntlich spielt übrigens in diesem Werk die Emissionstheorie, d. h. eine der Hypothesen, die am deutlichsten als solche charakterisiert sind, eine beträchtliche Rolle. Vgl. über den wahren Sinn von NEWTONS Ausspruch: Anhang I, S. 488.

Anhänger der Fernwirkung alsbald genötigt gewesen wären sie anzuerkennen.

Bildet das angeführte Beispiel eine Ausnahme? Im Gegenteil, es ist durchaus typisch. Es ist allgemein bekannt, daß die Wissenschaft von derartigen mechanischen Theorien oder Hypothesen voll ist. Ohne Zweifel gibt es wissenschaftliche Arbeiten und sogar Bücher mit Darstellungen ganzer Kapitel der Wissenschaft, in denen nur Gesetze oder Annahmen über solche vorkommen. Aber wieviele andere unterscheiden sich in dieser Hinsicht von ihnen! Die Werke der berühmtesten Vertreter der Wissenschaft — wir haben die Wahl zwischen den Arbeiten von LAPLACE, LAGRANGE, LAVOISIER, FRESNEL — sind voller Hypothesen, und auch Männer, die uns zeitlich näher stehen, MAXWELL, LORD KELVIN, HERTZ, CORNU, H. POINCARÉ, um nur ein paar berühmte Namen zu nennen, haben einen bedeutenden Teil ihrer Arbeiten diesen Theorien gewidmet.

Aber COMTES Lösung ist nicht die in diesem Falle einzig mögliche. Anstatt die Theorie brutal zu unterdrücken, kann man versuchen, sie dem Rahmen der Wissenschaft, d. h. (nach der Ansicht von COMTE und MACH) dem der Gesetze einzufügen, indem man sie diesen angleicht.

Die Gesetze stellen Beziehungen zwischen den elementaren Tatsachen her, die unmittelbar beobachtet und kontrolliert werden können. Wenn ich sage, daß das Benzol bei 80° siedet oder daß es einen bei 154° siedenden Stoff liefert, wenn man es unter bestimmten Bedingungen mit Brom behandelt, so behaupte ich nur eine Reihe von Tatsachen, die jeder Physiker oder Chemiker bestätigen kann; wenn über das, was ich Benzol genannt habe, kein Irrtum besteht und ich die Bedingungen des Versuchs in der richtigen Weise beschrieben habe, so wird jeder, der ihn im Laboratorium wiederholt, zu dem gleichen Ergebnis kommen.

Nun aber kommt eine Hypothese: das Benzolmolekül enthält sechs Kohlenstoffatome, die im Sechseck angeordnet und abwechselnd durch einfache und doppelte Verkettungen verbunden sind. Es ist offenbar ausgeschlossen, diese Hypothese irgendwie direkt zu verifizieren. Niemand hat jemals ein Molekül oder Atom gesehen, noch auch eine Verkettung von Atomen und erst recht nicht dieses Sechseck, von dem in der Hypothese die Rede ist; zweifellos wird es auch niemals jemand sehen.

Dennoch ist klar, daß man nur deshalb darauf verfallen ist, derartige Dinge anzunehmen, weil sie anscheinend einer ganzen Reihe von Tatsachen entsprechen, die uns durch Versuche bekannt sind. Wenn ich also von dem Benzolring spreche, so fasse ich eigentlich diese Tatsachen zusammen, nachdem ich sie noch durch mehr oder weniger beweiskräftige Überlegungen verknüpft habe. Mit Benutzung eines dem Mathematiker vertrauten Bildes können wir sagen, wir haben ein imaginäres Glied eingeführt, das sich in der Folge wieder eliminieren lassen wird.

Nach dieser Auffassung kommt also den Theorien keinerlei Eigenwert, keinerlei selbständige Bedeutung zu. Ihr einziger Zweck besteht darin, daß sie in provisorischer Weise die Gesetze miteinander verknüpfen. Ihren hypothetischen Bestandteilen kommt nicht mehr Existenz zu als den mathematischen Ausdrücken, die wir bei der Formulierung gewisser Gesetze benutzen. Wenn ich etwa, um das Brechungsgesetz auszusprechen, sage, daß der Quotient der beiden Sinusse gleich einer Konstanten ist, so sieht es so aus, als setze ich die Existenz dieser Funktion voraus.* Aber das ist nur Schein. Im Grunde bin ich vollkommen überzeugt, daß der Winkel und der Sinus nur Begriffe sind, die ich zu meiner Bequemlichkeit gebildet habe, und nicht einen Augenblick habe ich angenommen, daß die Natur etwa mit einer Logarithmentafel rechnete. Ebenso sollen nun auch die Moleküle, die Atome, die Kräfte, der Äther, von denen soviel die Rede ist, bloße Begriffe wie die Winkel, die Sinusfunktionen und andere Abstraktionen sein.¹ Danach wären also die Hypothesen nicht mehr Annahmen über den wirklichen Lauf der Natur und die Entstehungsweise der Erscheinungen, wie sie von COMTE so energisch verworfen worden sind, sondern es wären einfache bildliche Darstellungen, die zur Unterstützung des Gedächtnisses dienen, zum „Fixieren der Vorstellungen“, wie man in der Mathematik sagt. Wenn ich sage, daß das Benzol sechs Kohlenstoffatome enthält, die im Sechseck angeordnet sind, so drücke ich mich unrichtig aus; eigentlich meine ich nur, daß das Benzol sich in gewissen Beziehungen so ver-

* Der Verfasser hat hier natürlich nicht die mathematische Existenz, sondern eine Art „objektiver“ Existenz im Sinne. Man vergleiche die weiteren Ausführungen des Textes. Ltn.

¹ BERKELEY (*De motu*, Works, Ausg. FRASER, Oxford 1871, Bd. III, § 39) formuliert diese Analogie zwischen den mathematischen und den physikalischen Begriffen mit großer Präzision.

hält, als ob es so gebaut wäre. Es scheint nur so, als ob ich die Existenz des Sechsecks behauptete. In Wirklichkeit bediene ich mich seiner nur als bequemer Abkürzung, weil es zu kompliziert wäre, zwischen den verschiedenen Tatsachen direkte Beziehungen herzustellen. „Die mathematischen Theorien“, sagt POINCARÉ bei der Besprechung der Wellentheorie des Lichtes, „haben nicht die Aufgabe, uns die wahre Natur der Dinge zu offenbaren; das wäre eine unvernünftige Anmaßung. Ihr einziger Zweck ist, Beziehungen zwischen den physikalischen Gesetzen herzustellen, welche die Erfahrung uns zeigt, die wir aber ohne die Hilfe der Mathematik nicht einmal aussprechen könnten“.¹ Ebenso erklärt DUHEM, daß die physikalische Theorie nicht eine Erklärung, sondern ein System von mathematischen Sätzen sei,² sie klassifiziere die Gesetze.³

Man kann allerdings durch einen derartigen Kunstgriff die Hypothesen den Gesetzen angleichen, indem man diese in ähnlicher Weise ausdrückt, wie wir das mit jenen getan haben. Wir werden also sagen, daß die Himmelskörper sich so bewegen, *als ob* sie sich mit Kräften anzögen, die ihren Massen direkt und dem Quadrat ihrer Entfernung umgekehrt proportional wären; und ebenso, daß der Lichtstrahl sich so verhält, *als ob* der Sinus des Einfallswinkels und der des Brechungswinkels einer gewissen Beziehung genügen müßten. Man wird aber bemerken, daß diese Ausdrucksweise zwar für das Gravitationsgesetz (das ja übrigens von NEWTON ungefähr in dieser Form ausgesprochen worden ist) nicht aber für das Brechungsgesetz natürlich erscheint. Das liegt aber daran, daß das Newtonsche Gesetz wirklich eine Hypothese, d. h. eine Annahme über das wirkliche Verhalten der Dinge enthält, während es sich bei den Winkeln und ihren Sinusfunktionen um bloße Gebilde unserer Vorstellung handelt; infolgedessen erscheint uns die Vorsicht hier ganz überflüssig.

M. a. W.: die Angleichung, die wir soeben versucht haben, erweist sich als durchaus künstlich. Zwischen den physikalischen Begriffen und den mathematischen Abstraktionen klappt ein wirklicher Abgrund: wer erklärt, daß das Kohlenstoffatom ebenso wie der Punkt, die Linie oder das Unendlichkleine einen „Grenzbegriff“ darstellt, der vergewaltigt wahrhaftig unseren Verstand.

¹ H. POINCARÉ, *Leçons sur la théorie mathématique de la lumière*, Paris 1889, S. 1.

² P. DUHEM, *La théorie physique*, Paris 1906, S. 26.

³ Dasselbst S. 33.

Es kann übrigens nicht der geringste Zweifel darüber bestehen, welche Ansicht die Forscher früherer Zeiten über die Hypothesen vertraten. DUHEM, dessen an sich schon sehr große Autorität in diesen Fragen in unserem Falle noch durch den Umstand verdoppelt wird, daß seine eigene Meinung jener Ansicht diametral entgegengesetzt ist, schreibt: „Daß mehrere von den Genies, denen wir die moderne Physik verdanken, ihre Theorien in der Hoffnung konstruiert haben, sie könnten damit die Naturerscheinungen erklären, und daß einige von ihnen sogar geglaubt haben, diese Erklärung gefunden zu haben, das unterliegt keinem Zweifel“.¹ Er stellt auch fest, daß die großen wissenschaftlichen Theorien und speziell die Lehren der Peripatetiker, der Atomisten, DESCARTES' und BOSCOVICHs ganz von metaphysischen Vorstellungen beherrscht waren und in Wirklichkeit nur Fortsetzungen philosophischer Systeme sind,² Beweis genug, daß die einen wie die anderen dem gleichen Zweck dienten, nämlich der Erklärung der Wirklichkeit. Aber auch wenn man die Arbeiten der Naturforscher durchsieht, die sich gegenwärtig dieser hypothetischen Begriffe bedienen, so hat man selbst bei den Vorsichtigsten unter ihnen das Gefühl, daß sie diesen Begriffen einen ganz anderen Grad von Realität zuschreiben als einem rein mathematischen Begriff. Gewiß sind die ausdrücklichen Realitätsbehauptungen in neuester Zeit etwas seltener geworden: die Verdammungsurteile von COMTE und MACH sind sicherlich nicht ganz unschuldig daran, ebensowenig gewisse kritische Untersuchungen wie die von STALLO und HANNEQUIN, von denen weiter unten die Rede sein wird. Der wichtigste Grund ist aber wahrscheinlich in dem Umstand zu suchen, daß die wissenschaftlichen Hypothesen selbst in der letzten Zeit eine tiefgreifende Umwandlung erfahren, daß sie „mutieren“, wenn wir uns dieses Ausdruckes bedienen dürfen. Nichtsdestoweniger argumentieren die Naturforscher, sobald sie die

¹ DUHEM, a. a. O. S. 46. — PLANCK drückt sich noch bestimmter aus, er konstatiert, daß alle großen Physiker an die Realität ihres Weltbildes geglaubt haben (*Die Einheit des physikalischen Weltbildes*, Leipzig 1909, S. 36). WUNDT vergleicht die Theorien der „Ökonomie“ und der „Konvention“ mit den „juristischen Fiktionen“, deren es so viele in der Rechtsgeschichte gegeben hat; es sind Versuche, die Entstehung der Erkenntnis ganz unabhängig von ihrer wirklichen Geschichte festzustellen; selbst der eifrigste Anhänger dieser Ansichten wird zugeben, daß die Prinzipien der Naturlehre nicht wirklich auf diesem Wege entstanden sind (*Die Prinzipien der mechanischen Naturlehre*, Stuttgart 1910, S. VII—VIII).

² DUHEM, a. a. O., S. 11 f.

Atome oder den Äther behandeln, implizite so, als wären dies nicht Begriffe, sondern wirkliche Dinge, ja sogar die einzig wirklichen Dinge, da sie ja die ganze Wirklichkeit erklären sollen.¹ Weit entfernt davon, die Wissenschaft auf die Gesetze zu beschränken oder die Hypothesen als einen vorläufigen Ersatz für künftige Gesetze anzusehen, ordnen die Naturforscher offensichtlich die letzteren dauernd den ersteren unter. Für diese Unterordnung liefert uns DUHEM ausgezeichnete Beispiele.² Wenn z. B. die Optik die Erscheinungen des Prismas und des Regenbogens zur gleichen Kategorie rechnet, die Newtonschen Ringe dagegen in dieselbe Gruppe wie die Interferenzstreifen von YOUNG und FRESNEL einordnet, oder wenn die Biologie die Schwimmblase der Fische als zu den Lungen der Säugetiere homolog behandelt, so richten sich beide Wissenschaften nach rein theoretischen Überlegungen und hypothetischen Vorstellungen. Ob der Physiker nun alles auf die Mechanik zurückzuführen sucht oder ob er gemäß neueren Gedankenrichtungen im Gegenteil die elektrischen Erscheinungen als grundlegend ansieht, auf jeden Fall erhebt er damit stillschweigend den Anspruch, die Natur mit Hilfe seiner Theorie zu *erklären*. Und die offensichtlichste Anomalie, die man bei der Anwendung eines Gesetzes entdecken mag, erscheint als *erklärt*, sobald die Theorie imstande ist, von ihr Rechenschaft zu geben.

Daß die Naturforscher in praxi so vorgehen, ist unbestreitbar. Aber folgt daraus, daß dies Verhalten richtig ist? Wir sind gewöhnt, die Wege, die die Wissenschaft in gewissen Zeiten gegangen ist, als Irrwege anzusehen, z. B. wenn sie versuchte, die

¹ PLANCK behauptet ausdrücklich, daß die Atome oder die Elektronen ebenso wirklich seien wie die Himmelskörper oder die Gegenstände unserer Umwelt und daß die zeitgenössischen Physiker „die Sprache des Realismus und nicht die MACHS sprächen.“ (A. a. O. S. 33, 37.) — Ebenso erklärt H. POINCARÉ, daß in den physikalischen Wissenschaften der Ausdruck „Existenz“ nicht denselben Sinn wie in der Mathematik hat, „er bedeutet nicht mehr Widerspruchslosigkeit, sondern objektives Dasein“ (*Science et méthode*, Paris 1908, S. 186).

² A. a. O., S. 33, 35. — In dem oben erwähnten Vortrag hebt PLANCK hervor, wie allgemein dieser Vorgang ist und wie sehr er den wahren Sinn der wissenschaftlichen Entwicklung kennzeichnet. So rechnen wir jetzt die Akustik zur Mechanik und andererseits den Magnetismus und die Optik zur Elektrodynamik. Was man früher „Wärmelehre“ nannte, ist jetzt gespalten: die Wärmestrahlung gehört zur Optik (und Elektrodynamik), während der Rest in der Mechanik, speziell in der kinetischen Theorie behandelt wird (a. a. O. S. 6).

Erscheinungen mittels der substanziellen Qualitäten zu erklären. Wäre es nicht auch möglich, daß das Bestreben der Wissenschaft, erklärende Theorien aufzustellen, ein Bestreben, dessen Vorhandensein nicht gut geleugnet werden kann, eine fehlerhafte Neigung darstellt, vor der man sie soweit wie möglich behüten müßte? Wir haben gesehen, daß dies die Ansicht von COMTE war; auch MACH ist mit ihm darin im Grunde ziemlich einig. DUHEM meint gleichfalls, daß die Naturforscher einer Täuschung zum Opfer gefallen seien, ähnlich derjenigen, der die spanischen Forschungsreisenden anheimfielen, als sie das sagenhafte Dorado suchten. Das Suchen nach der Erklärung bildet nicht den Ariadnefaden, der uns durch das Labyrinth der Erscheinungen hindurchführen könnte; der erklärende Teil der Wissenschaft ist weiter nichts als ein parasitärer Auswuchs.¹

Um eine Entscheidung dieser Frage zu versuchen, wollen wir zuerst die wissenschaftlichen Theorien selbst prüfen. Diese Aufgabe wird uns sehr erleichtert durch die ausgezeichneten Arbeiten, die über diesen Gegenstand bereits geschrieben worden sind; wir nennen an dieser Stelle vor allem die Bücher von LANGE, STALLO,² HANNEQUIN und DUHEM.

Bevor wir jedoch der Frage auf den Grund gehen, wollen wir eine Einschränkung machen: im Verlauf des folgenden Kapitels werden wir zunächst von der neuesten Entwicklung der theoretischen Ansichten absehen, nämlich von den elektrischen Theorien; wir beschränken uns auf die Gesamtheit derjenigen Hypothesen über die Konstitution der Materie, die noch vor wenigen Jahren die Wissenschaft zu beherrschen schienen. Der Hauptgrund, der uns zu diesem Verfahren veranlaßt, liegt darin, daß die neuen elektrischen Theorien sich noch in hohem Maße im Stadium der Ausarbeitung befinden* und infolgedessen von unserem Standpunkt aus ein weniger geeignetes Untersuchungsobjekt bilden als ihre älteren Schwestern, die mechanischen Theorien, die in der Entwicklung bereits weiter vorgeschritten sind. Dazu kommt aber, daß es eine offensichtliche Übertreibung bedeuten würde, wollte man diese Phase der Wissenschaft

¹ DUHEM, a. a. O. S. 46—47.

² J. B. STALLO, *La matière et la Physique moderne*. 3. Aufl., Paris 1889. Die Titel der anderen Werke haben wir bereits genannt.

* Diese Zeilen sind im Jahre 1907 niedergeschrieben worden. Man vergleiche hierzu die späteren Werke des Verfassers, vor allem „*La deduction relativiste*“. Ltn.

bereits als gänzlich der Vergangenheit angehörig ansehen. Viele Physiker, und unter ihnen die angesehensten, würden zweifellos gegen eine solche Behauptung Einspruch erheben. Die einen würden sich so verhalten, weil sie die neuen Vorstellungen gar nicht oder nur sehr unvollständig akzeptieren, die anderen, weil sie diese zwar annehmen, sie aber in mehr oder weniger bewußter Weise als eine bloße Durchgangstation ansehen; sie glauben, daß man wohl im Augenblick die ganze Mannigfaltigkeit der Naturerscheinungen einschließlich der mechanischen auf die Elektrizität zurückführen mag, daß sich aber später einmal die Elektrizität selbst aus einer vorläufig noch unbestimmten Modifikation des hypothetischen Mediums werde erklären lassen, aus einer Art lokaler Spannung, die man offenbar als etwas rein Mechanisches hinstellen möchte. Erst nach dem Studium der eigentlichen mechanischen Theorien gehen wir zur Prüfung der elektrischen Hypothese über, einer Prüfung, von der wir hoffen, daß sie die vorher gewonnenen Ergebnisse bestätigen wird.

ZWEITES KAPITEL

Die Mechanistik

Liest man in einem populärwissenschaftlichen Werk oder in einem solchen des philosophischen Materialismus (als Beispiel kann man etwa ERNST HAECKELS *Welträtsel* nehmen), so könnte man auf den Gedanken kommen, daß die mechanistische Theorie eine abgeschlossene logische Konstruktion sei, die, wenn nicht auf die Gesamtheit, so doch auf die ganz überwiegende Mehrheit der Naturerscheinungen anwendbar ist. Man braucht aber nur ein wenig genauer hinzusehen, um sich zu überzeugen, daß dies eine Täuschung ist. Daß alle Erscheinungen der organischen Materie sich aus denen der anorganischen müßten erklären lassen, ist ein Postulat, das von jeher von vielen Denkern aufgestellt worden ist. „Ich setze voraus, sagt DESCARTES, daß der Leib (des Menschen) nichts anderes sei als eine Bildsäule oder eine Maschine aus Erde“.¹ LEIBNIZ schreibt: „Alles, was im Körper des Menschen oder irgendeines Tieres geschieht, ist ebenso mechanisch wie das, was in einer Uhr geschieht“.² Und im 19. Jahrhundert behauptet CLAUDE BERNARD gleichfalls, daß es „zwischen der Wissenschaft von den belebten und der von den toten Körpern keine Schranke geben könne“.³ Aber in Wirklichkeit sind das alles nur Postulate. Wenn auch in dieser Richtung einige Fortschritte gemacht worden sind, besonders durch die Ideen, die sich an die Namen LAMARCK und DARWIN knüpfen, und wenn wir auch dank solcher Arbeiten wieder von JAGADIS-CHUNDER BOSE,⁴ von TRAUBE, von A. L. HERRERA und von S. LEDUC⁵ vage Analogien zwischen

¹ DESCARTES, *L'homme*, Ausg. ADAM u. TANNERY, Paris 1909, Bd. XI, S. 120.

² LEIBNIZ, *Opera*, Ausg. ERDMANN, S. 777.

³ CLAUDE BERNARD, *Leçons sur les phénomènes de la vie*. Paris 1879, Bd. II, S. 401.

⁴ JAGADIS-CHUNDER BOSE, *De la généralité des phénomènes moléculaires*, etc. Congrès international de physique, Paris, 1900, Bd. III, S. 584f.

⁵ STÉPHANE LEDUC, *Les lois de la biogénèse*. Revue Scientifique, 24. Febr. und 3. März 1906.

der toten und der lebenden Materie zu ahnen beginnen, so ist doch das bisher auf diesem Gebiete Geleistete geringfügig im Vergleich zu dem, was noch zu leisten ist. In Wahrheit kann man einstweilen in den heutigen physiologischen Theorien die schwachen Spuren einer mechanischen Erklärung soeben *unterscheiden*. Man denke etwa an folgendes: wir haben zwei Keime vor uns, zwischen denen die mikroskopische Untersuchung nicht den geringsten Unterschied entdecken kann; und doch ist der eine der Keim eines Menschen, der andere der einer Katze! Nun *müssen* aber solche Unterschiede vorhanden sein. Ja sogar bei zwei Brüdern, die beide ihrem gemeinsamen Vater ähnlich sehen werden, müssen sämtliche Eigentümlichkeiten ihrer späteren Entwicklung, die unendlich feinen Unterschiede, die zwischen ihnen bestehen werden, sich aus den mechanischen Anordnungen der Teile in ihren Keimen erklären.

Diese Schwierigkeiten sind oft genug auseinandergesetzt worden, und E. v. HARTMANN hat sie in einer seiner letzten Abhandlungen in ausgezeichnete Weise zusammengefaßt.¹ Aber wieviel Verstöße gegen die Logik gibt es nicht in der anorganischen Wissenschaft selbst! Zwar ist in fast jedem Kapitel von Atomen und Molekülen die Rede; aber man würde sich sehr täuschen, wenn man vermutete, daß mit diesen Bezeichnungen in den verschiedenen Kapiteln dieselben oder auch nur sehr ähnliche Begriffe gemeint seien. So scheint z. B. auf den ersten Blick die Chemie seit den Zeiten DALTONS und AVOGADROS der Tummelplatz der Atomtheorien zu sein. Unaufhörlich ist da von diesen Atomen und Molekülen die Rede, und man stellt sogar „Konstitutionsformeln“ auf, die ihre räumliche Anordnung wiedergeben sollen. Aber das alles ist bloßer Schein. Das chemische Atom mit seinen vielfältigen und geheimnisvollen Eigenschaften, die im Molekül auf nicht minder geheimnisvolle Weise deren andere erzeugen, hat außer dem Namen sehr wenig mit dem Atom der mechanistischen Theorie gemein, dessen Hauptkennzeichen darin besteht, daß es nur *eine* Eigenschaft, die Masse, besitzt und nur eine einzige Wirkungsart kennt. Allenfalls die allerneuesten Arbeiten, die an SVANTE ARRHENIUS' Ionentheorie anknüpfen, lassen die Möglichkeit eines Überganges (wenn nicht sogar einer

¹ EDUARD v. HARTMANN, *Mechanismus und Vitalismus in der modernen Biologie*. Archiv für systematische Philosophie, IX, 1903.

Aussöhnung) zwischen den beiden widerstreitenden Begriffen ahnen.¹ So anstoßerregend ist dieser Gegensatz, daß man erleben konnte, wie einer der Theoretiker, und zwar einer der angesehensten, nach langen und fruchtlosen Versuchen öffentlich zugab, daß er an der Möglichkeit eines Erfolges in dieser Richtung verzweifle und die Lösungen auf einem ganz anderen Wege suche.²

Eine brauchbare mechanistische Theorie gibt es in der Physik eigentlich nur für die Erscheinungen des gasförmigen Zustandes,³ denen man auf Grund neuerer Arbeiten noch die Erscheinungen in gewissen Lösungen an die Seite stellen kann. Was die verschiedenen Formen der Energie betrifft, so hat ihre Vereinheitlichung durch die Arbeiten von HEINRICH HERTZ große Fortschritte gemacht, durch welche die weitschauenden Ideen von MAXWELL über die Identität von Licht und Elektrizität bestätigt worden sind. Aber es fehlt noch sehr viel daran, daß die Zurückführung der verschiedenen Energieformen auf mechanische Bewegung vollendete Tatsache wäre. Es ist sogar auf diesem Gebiete ein unbestreitbarer Rückschritt erfolgt. Die Theorie FRESNELS hatte nämlich das Licht auf Ätherschwingungen zurückgeführt, eine Bewegung, die freilich in gewisser Hinsicht unbestimmt war und die in einem noch weniger bestimmten Medium erfolgen sollte, aber es war doch eine Bewegung, deren rein mechanische Natur ausdrücklich postuliert wurde. Gegenwärtig jedoch gilt das Licht als eine elektrische Erscheinung. Nun ist es aber, solange die Wissenschaft die elektrischen Erscheinungen untersucht, noch nicht gelungen, eine Theorie aufzustellen, die auch nur ent-

¹ Durch Theorien, die nach den im Text behandelten aufgestellt worden sind, besonders durch die Atomtheorie von Sir ERNEST RUTHERFORD, BOHR und SOMMERFELD scheint sich der Abgrund auszufüllen, der zwischen den Begriffen von Elementarteilchen in den beiden Wissenschaften klappte. Aber der Leser braucht nur eine Darstellung durchzulesen, die wir diesem Gegenstand gewidmet haben (*La déduction relativiste*, § 127 f.), um sich zu überzeugen, welche Schwierigkeiten man in diesem Falle auf sich nehmen muß [Zusatz zur 3. Aufl.].

[Über den augenblicklichen Stand der hier berührten Theorien berichtet F. LONDON in dem interessanten Aufsatz, *Die Bedeutung der Quantentheorie für die Chemie*, Die Naturwissenschaften Bd. 17, 1929, S. 516—529. Ltn.]

² OSTWALD, *Lettre sur l'énergétique*. Revue générale des Sciences, 30. Dez. 1895.

³ Erst kürzlich hat PLANCK erklärt: „wenn wir ganz aufrichtig sein wollen, so müssen wir sagen, daß eine befriedigende mechanische Theorie mehratomiger Gase auch heute noch nicht gefunden ist, so daß wir zur Zeit noch gar nicht wissen, welchen Platz wir den Vorgängen innerhalb eines Moleküls, den intramolekularen Vorgängen, in dem System der theoretischen Physik anweisen sollen“ (*Acht Vorlesungen über theoretische Physik*, Leipzig 1910, S. 86).

fernt den Anspruch erheben könnte, eine mechanische Theorie der elektrischen Erscheinungen zu sein. Nicht als ob man sie nicht gesucht hätte. Bekanntlich hat CLERK MAXWELL, einer der größten theoretischen Physiker aller Zeiten, sich unaufhörlich um die Lösung dieses Problems bemüht. Er hat sich unendliche Mühe gegeben, in jedem einzelnen Falle die *Möglichkeit* einer mechanischen Erklärung zu beweisen. Aber sehr oft hat er dabei halt machen müssen; wenn er dagegen versuchte seine Vorstellungen zu präzisieren, so gelangte er nur zu widerspruchsvollen Bildern. POINCARÉ, der unter unseren Zeitgenossen zu einem Urteil auf diesem Gebiet zweifellos am ehesten berechtigt ist, hat, ungeachtet seiner tiefen Bewunderung für MAXWELL, nicht die Abneigung verleugnet, die jeder logische Kopf seiner Meinung nach gegenüber diesem Teil des Werkes des großen Theoretikers empfinden muß.¹ Man braucht übrigens nur ein neueres Buch, wie etwa das von O. LODGE aufzuschlagen und sich die äußerst fein ausgedachten mechanischen Modelle anzusehen, die dieser ausgezeichnete Physiker konstruiert,² um sich davon zu überzeugen, daß die Frage seitdem noch nicht viel weiter gekommen ist.³ Nur beiläufig wollen wir bemerken, daß gerade dieser offensichtliche Rückzug der mechanistischen Theorie zum großen Teil die Entstehung der entgegengesetzten Tendenz erklärt, welche die mechanischen Erscheinungen auf diejenigen der Elektrizität zurückführen will.*

¹ H. POINCARÉ, *Électricité et Optique*, Paris 1901, S. III f.

² O. LODGE, *Les théories modernes de l'électricité*, Paris 1891.

³ In zwei kürzlich erschienenen Arbeiten (*Über den gegenwärtigen Stand der Frage nach einer mechanischen Erklärung der elektrischen Erscheinungen*, Berlin 1906, und *Weitere Untersuchungen* usw., *Annalen der Physik*, 4. Reihe, Bd. 26, 1908) hat HANS WITTE den Versuch unternommen, die Frage der Möglichkeit einer mechanischen Erklärung der elektrischen Erscheinungen systematisch zu untersuchen. Er stellt fest, daß es im ganzen neun Gattungen solcher Erklärungen gibt. Er beweist zuerst die Unmöglichkeit der Fernwirkung (Gattung 1 und 2), sowie der Emissionstheorie (Gattung 3). Bleiben die sechs Gattungen, die die Existenz eines Äthers voraussetzen. Der Verfasser stellt fest, daß, wenn man den Äther als kontinuierlich annimmt, jedes dieser sechs Systeme zu Widersprüchen führt, die es unannehmbar machen. Nimmt man einen atomistischen Äther an, so ist ein solcher Beweis nicht möglich; man kann aber dann zeigen, daß alle solchen Systeme äußerst kompliziert werden. Nach WITTE hätten die Physiker nur dann das Recht, solche Theorien in Betracht zu ziehen, wenn Erscheinungen, von denen man zur Zeit noch keine Ahnung hat, sie zwingen, in dem von Materie und Elektronen freien Raum Unstetigkeiten anzunehmen.

* Auf diesen Gegenstand ist der Verfasser seitdem mehrfach zurückgekommen, so namentlich in seinem Werke „*La déduction relativiste*“, Paris 1925. Ltn.

Aber selbst wenn man von dieser neuesten Entwicklung absieht und sich auf die Betrachtung einer noch nicht weit zurückliegenden Vergangenheit beschränkt, so bemerkt man leicht, daß auch in der Blütezeit der Fresnelschen Theorie von einer vollständigen Zurückführung auf Mechanik nicht die Rede sein konnte. Denn wenn auch die Wellenbewegung dem Geiste ein hinreichend klares Bild lieferte, so blieb doch das Substrat dieser Bewegung, der Äther, in die dichtesten Nebel eingehüllt. Bald muß man sich dieses „Medium“ als stetig, bald als aus diskreten Teilchen zusammengesetzt vorstellen; einerseits gleicht es einem aufs äußerste verdünnten Gase, andererseits einem festen Körper, der unendlich viel starrer ist als Stahl; alle diese Schwierigkeiten und Widersprüche, in die sich jeder verwickelt, der versucht, sich vom Äther eine einigermaßen genaue Vorstellung zu machen, sind so oft dargestellt worden, daß wir es für überflüssig halten, noch länger bei ihnen zu verweilen.¹ Eine besondere Schwierigkeit, die seit einer Reihe von Jahren die Physiker viel beschäftigt, ergibt sich aus dem Resultat der Versuche von MICHELSON und MORLEY, das man mit der Aberrationstheorie BRADLEYS nicht in Einklang zu bringen vermag, so daß man sagen darf, daß wir uns gegenwärtig den uns umgebenden Äther weder als ruhend noch als von der Erde in ihrer Bewegung mitgeführt vorstellen können, oder vielmehr, daß wir abwechselnd die eine und die andere Voraussetzung machen müssen. — Betrachten wir diese seltsame Anomalie als eine definitiv feststehende Tatsache, so sind wir genötigt, auf ihr eine Theorie zu errichten, welche die Gesamtheit der Erscheinungen der Sinnenwelt umfaßt und die Grundlagen der Mechanistik, wie MAXWELL sie sich vorstellte, völlig zerstört.²

¹ Eine Darstellung dieser Schwierigkeiten findet man bei STALLO, a. a. O., besonders S. 71 ff., sowie bei HANNEQUIN, a. a. O. S. 178—224. Vgl. auch über diesen Gegenstand STEWART und TAIT, *L'univers invisible*, Paris 1883, S. 194 ff., sowie BOUASSE, *De la nature des explications*, etc., *Revue de métaphysique*, Bd. II, 1894, S. 312 f. Übrigens haben die Meister der exakten Wissenschaft selbst den widerspruchsvollen Charakter dieser Annahme erkannt. Vgl. MAXWELL, *On the Dynamical Evidence etc.*, *Scientific Papers*, Cambridge 1890, Bd. II, S. 433 f., sowie *On the Dynamical Theory*, a. a. O. S. 26, ferner HERTZ, *Über die Beziehungen zwischen Licht und Elektrizität*, *Gesammelte Werke*, Leipzig 1896, Bd. I, S. 341, sowie H. POINCARÉ, *Électricité et Optique*, Paris 1890, Bd. I, S. 88 ff., *La science et l'hypothèse*, S. 198 ff.

² Vgl. weiter unten S. 138—139.

Die Schwierigkeiten, die wir soeben auseinandergesetzt haben und deren Aufzählung man beinahe unbegrenzt fortsetzen könnte, sind, wie man sieht, sehr beträchtlich. Wir würden aber einen Fehler begehen, wenn wir ihre Tragweite übertreiben würden. Sind sie absolut unlösbar? Man hat das oft behauptet, allerdings ohne einen, wenn auch noch so schwachen Beweis dafür zu liefern; zweifellos hat man den „negativen Dogmatismus“ in dieser Hinsicht häufig zu weit getrieben. So behauptet z. B. SPIR, die mechanistischen Theorien seien niemals imstande, weder die organischen Erscheinungen noch auch die Verschiedenheit der chemischen Urstoffe zu umfassen.¹ HANNEQUIN hat erklärt, man brauche für jede Klasse von Erscheinungen einen spezifischen Äther und die Eigenschaften dieser verschiedenen Medien „ständen zueinander in tiefstem Gegensatz und seien schlechthin unvereinbar“,² und er hat insbesondere die elektromagnetische Theorie des Lichtes verworfen³; seiner Ansicht nach schafft die Theorie einfach, indem sie zum Atom herabsteigt, „einen Mikrokosmos, in dem alle wesentlichen Züge sich vereinigt finden, die sie erklären soll“; „immer wieder ertappt man sie dabei, wie sie auf die eine oder andere Weise in das Atom oder das Individuum diejenigen Eigenschaften hineinträgt, die von dem Ganzen, das jene zusammensetzen, verlangt werden.“⁴ Wir werden später sehen, daß in diesen Negationen ein Stück Wahrheit steckt, wenn man unter *Qualität* das *quid proprium* der Erscheinung als Empfindung versteht. Aber wenn man sie wörtlich nimmt, sind sie bestimmt unrichtig. Wären die wissenschaftlichen Theorien tatsächlich so unfruchtbar, so hätten sie nicht einmal den Wert einer Scheinerklärung und wären gleichzeitig unbrauchbar zur Verknüpfung der Gesetze; man verstünde wahrhaftig nicht, wie die Menschheit sich so lange bei so eitlen Spielen aufhalten konnte und noch aufhalten kann, und ihre Täuschung selbst wäre eigentlich unerklärlich.

In Wirklichkeit ist es vollständig unmöglich, der wissenschaftlichen Erklärung in dieser Richtung Schranken zu setzen. Viele Hindernisse, die in einem gegebenen Augenblick so gut wie unüber-

¹ SPIR, *Denken und Wirklichkeit*, S. 401.

² HANNEQUIN, a. a. O. S. 227.

³ A. a. O. S. 217, 222, 223.

⁴ A. a. O. S. 231, 237.

steigbar erscheinen, sind dennoch besiegt oder umgangen worden. Anstatt die Unterschiede, die zwischen den verschiedenen Klassen von Erscheinungen bestehen, als endgültig hinzunehmen, bemühten sich die Naturforscher im Gegenteil in geduldigen, von allen Seiten vorgeschobenen Untersuchungen sie nach und nach zu verringern. Es ist sicher, daß die elektromagnetische Lichttheorie in dieser Richtung einen ungeheuren Schritt vorwärts bedeutet hat; dasselbe gilt von der Ionentheorie, die den Weg zu weisen scheint, auf dem es schließlich gelingen wird, die Spezifität der chemischen Erscheinungen zum Verschwinden zu bringen; dasselbe gilt endlich auch von der elektrischen Theorie der Masse, die die mechanischen Erscheinungen an die elektrischen anknüpft. Und um noch einen besonderen Punkt zu erwähnen: die rein mechanische Theorie des Äthers wird seit einigen Jahren infolge der Vorherrschaft der elektrischen Theorien etwas vernachlässigt; aber aus einer Abhandlung, die LORD KELVIN dem internationalen Kongreß für Physik im Jahre 1900 vorgelegt hat,¹ kann man entnehmen, daß der Gegensatz zwischen den anscheinend so widersprechenden Eigenschaften dieses hypothetischen Mediums sich bereits stark vermindert hat. Sollte sich also eines Tages die Gunst der Physiker wieder den mechanistischen Theorien zuwenden — was immerhin möglich ist —, so ist nicht gesagt, daß man nicht Mittel und Wege finden würde, die fraglichen Unstimmigkeiten mehr oder weniger zu beseitigen. Auf jeden Fall ist diese Hoffnung uns nicht untersagt, denn, um es nochmals zu sagen, es ist niemals bewiesen worden, daß die Aufgabe unlösbar wäre.

Dringt man jedoch bis zum Grund der mechanischen Theorien vor, so zeigt sich ein Hindernis, das von ganz anderer Natur ist als die soeben behandelten.

Alle mechanischen Hypothesen haben das miteinander gemein, daß sie versuchen, die Naturerscheinungen mit Hilfe der Bewegung zu erklären: deswegen bezeichnet man zuweilen diese Hypothesen auch als *kinetische*, ein Ausdruck, der allerdings meistens nur auf eine besondere Theorie des gasförmigen Aggregatzustandes angewandt wird. Außer der Bewegung benutzen diese Theorien noch die Begriffe der Masse und der Kraft, zuweilen nur einen von beiden,

¹ Lord KELVIN, *Sur le mouvement d'un solide élastique*, etc. Congrès international de physique de 1900, Bd. II, besonders S. 21—22.

zuweilen auch beide nebeneinander. Für unsere Analyse müssen wir diese drei Gattungen von Hypothesen trennen. Diejenigen, die nur Masse und Bewegung benutzen, wollen wir (mit einem von BOYLE¹ herrührenden Ausdruck, der sie ganz gut zu kennzeichnen scheint) als *Korpuskularhypothesen*, dagegen die, welche nur Kraft und Bewegung benutzen, als *dynamische* bezeichnen. Dieser Ausdruck ist allerdings zuweilen in einem ganz anderen Sinne gebraucht worden;² aber es genügt ja, wenn wir seine Bedeutung genau bestimmen. Für diejenigen Theorien endlich, die sowohl den Begriff der Masse als auch den der Kraft benutzen, kennen wir keine passende Bezeichnung.

Die Korpuskularhypothesen waren diejenigen, die vom theoretischen Standpunkt aus die Menschen von jeher am meisten befriedigt haben. Während einer gewissen Periode haben viele theoretischen Physiker fest an die Möglichkeit geglaubt, alle Erscheinungen allein auf Masse und Bewegung zurückzuführen. Einige hielten diese Zurückführung sogar für nahe bevorstehend. Die Versuche, die erst vor ziemlich kurzer Zeit die großen Physiker LORD KELVIN und HERTZ in dieser Richtung unternommen haben, beweisen, wieviel den Naturforschern daran liegt, sich von dem Kraftbegriff zu befreien, der manchen unter ihnen ein Ärgernis ist.

Es ist nicht schwer, festzustellen, woher die Schwierigkeiten kommen. Wie man deutlich an der kinetischen Gastheorie, dem einzig wirklich vollendeten Teil des Systems sieht, setzen die Korpuskulartheorien die Existenz getrennter Partikel, Atome oder Moleküle, voraus. Mit Absicht bedienen wir uns des unbestimmten Ausdrucks *Partikel*, obwohl man sehr oft von *materiellen Teilchen* spricht. Die Materie ist nämlich ein zusammengesetzter Begriff; sie hat eine Temperatur, eine Farbe, zuweilen auch einen Geschmack. Die Kor-

¹ BOYLE, *Works*, London 1772, Bd. III, S. 5. — Im Interesse der Eindeutigkeit der Bezeichnungsweise ist es sicher bedauerlich, daß die Schöpfer der elektrischen Theorie der Materie den Ausdruck *Korpuskel* für das von ihnen postulierte Urelement glauben wählen zu sollen. Aber man glaubt den — höchst wahrscheinlich unbewußten — Beweggrund zu erraten, der sie dabei geleitet hat. Da nämlich dieses Element rein elektrischer Natur ist und infolgedessen nichts eigentlich Materielles mehr an sich hat, so hängt es gar nicht mehr mit unserer Empfindung zusammen (vgl. weiter unten S. 102—103 und 321—322). Da soll nun wenigstens der Name, den man ihm gibt, ein, wenn auch nur scheinbares, Band herstellen, wo jede andere Anknüpfung offensichtlich versagt.

² Vgl. HERTZ, *Gesammelte Werke*, Bd. III, S. 31.

puskeln aber sind aller dieser Eigenschaften entkleidet; sie haben von der Materie nur wenige Kennzeichen übrig behalten, deren wichtigstes die Masse ist. Diese aber ist für die Korpuskeln wesentlich. Es ist in der Tat unbedingt notwendig, daß sie aufeinander zu wirken im stande sind.

Offenbar kann diese Wirkung nur durch den Stoß erfolgen. Das sieht man deutlich in der kinetischen Gastheorie. Aber wenn gleich DANIEL BERNOULLI'S *Hydrodynamica*, woselbst diese Theorie zum erstenmal in ihren Umrissen vorkommt, erst 1738 erschienen ist, so wird man sich doch nicht wundern, daß das Problem bereits lange vor dieser Zeit von LEIBNIZ und HUYGENS erörtert worden ist. Haben wir doch soeben gesehen, daß die Wirkung durch den Stoß den wesentlichen Bestandteil nicht nur der Gastheorie, sondern jeder Korpuskulartheorie überhaupt bildet. Durch das Studium der Schriften dieser beiden großen Denker kann man sich daher überzeugen, daß das Problem seit ihrer Zeit keine großen Fortschritte gemacht hat.

Bleiben wir jedoch für den Augenblick im Gebiete der Gastheorie, die unseren Zeitgenossen geläufiger ist. Bekanntlich wird in ihr der Druck als Ergebnis der Stöße dargestellt, welche die zahlreichen Teilchen aufeinander und auf die Wände des sie einschließenden Gefäßes ausüben. Aus der Erfahrung wissen wir, daß der Druck eines Gases, das sich in einem gut verschlossenen Gefäß aus undurchdringlichem Stoff befindet, nicht mit der Zeit abnimmt (es sei denn, daß zwischen dem Gas und der Gefäßwand eine chemische Reaktion stattfindet). Daraus folgt, daß die lebendige Kraft der Moleküle bei den äußerst zahlreichen Zusammenstößen, die zwischen ihnen stattfinden, konstant geblieben sein muß.

Wir kennen Körper, die sich ungefähr so verhalten, und nennen sie *elastisch*. Wir werden also sagen, daß die Gasmoleküle als vollkommen elastische Körper anzusehen sind.¹ Sie müssen sich ungefähr wie sehr vollkommene Billardkugeln verhalten; übrigens

¹ LEIBNIZ (*Essay de Dynamique, Mathematische Schriften*, Ausg. GERHARDT, Halle 1860, Bd. VI, S. 228) hat in klarer Weise dieses Postulat der vollkommenen Elastizität ausgesprochen. „Nun braucht aber die Natur diese Elastizität der Körper zur Ausführung der großen und schönen Gesetze, die ihr unendlich weiser Schöpfer sich vorgeschrieben hat ...“ — Bei STALLO a. a. O. S. 24, findet man eine ganze Auswahl von Stellen aus KROENIG, CLAUSIUS, CL. MAXWELL und LORD KELVIN, die zeigen, daß auch diese Schöpfer der Gastheorie auf demselben Postulat bestehen mußten.

haben die Physiker die Gewohnheit, gerade an Billardkugeln zu denken, wenn sie vom Stoß der Atome sprechen. Worin äußert sich nun die Elastizität der Billardkugel? Sehen wir einmal zu, was passiert, wenn eine Billardkugel eine andere oder die Bande trifft! Zuerst gibt die Bande nach und die Kugel plattet sich ein wenig ab; darauf nehmen Bande und Kugel ihre ursprüngliche Gestalt wieder an, und als Folge davon wird die Kugel zurückgeschleudert. Aber warum bleiben die einmal erzeugten Deformationen nicht bestehen?

Man hat zuweilen versucht der Notwendigkeit einer Erklärung dieses Punktes zu entgehen. Beim Stoß unvollkommen elastischer Körper verschwindet ein Teil der kinetischen Energie, oder vielmehr er verwandelt sich und erscheint wieder in der Deformation der Körper und in einer Erhöhung ihrer Temperatur. Nun sind aber die Moleküle auf Grund ihrer Definition undeformierbar und können sich auch nicht erwärmen, weil ja gerade in ihrer Bewegung die Wärme besteht. Man schließt nun so: da die Energie erhalten bleiben muß und da sie im vorliegenden Falle sich auch nicht in eine andere Form verwandeln kann, so müssen wir sie notgedrungen nach dem Stoß als kinetische Energie d. h. als lebendige Kraft wiederfinden.¹

Das ist aber eine Umkehrung des Problems, die sehr unberechtigt ist. Die Erhaltung der Energie ist, wie wir sehen werden, kein Axiom, und niemand kann behaupten, daß ihr Verschwinden unvorstellbar wäre. Wenn der Druck das Ergebnis molekularer Stöße ist, so muß die lebendige Kraft erhalten bleiben; diese Behauptung ist nichts weiter als die Feststellung der Tatsache, daß der Gasdruck sich erhält; das ist also der Ausdruck für ein Gesetz und formuliert erst das Problem, das es zu lösen gilt, aber es enthält noch keine Lösung. Was wir brauchen, ist vielmehr eine Theorie, die uns erklärt, *wie* so etwas auf mechanische Weise stattfinden kann, ohne daß man genötigt wäre, den Molekülen eine besondere elastische Kraft zuzuschreiben.

Man kann dasselbe Problem noch von einer anderen Seite anfassen. Wir können uns elastische Körper vorstellen, die sich beim

¹ Eine solche Theorie ist u. a. von KURD LASSWITZ aufgestellt worden (*Geschichte der Atomistik*, Hamburg 1890, Bd. 2, S. 368 ff.). KOZLOWSKI scheint ihm beizupflichten (*Zasady*, S. 188). KROMAN (*Unsere Naturerkenntnis*, Kopenhagen 1883, S. 310 ff.) und HANNEQUIN (a. a. O. S. 133—134) haben sie sehr mit Recht zurückgewiesen.

Stoß immer weniger deformieren. In der Grenze wird die Deformation Null sein, und der vollkommen elastische Körper wird beim Stoß seine ganze lebendige Kraft behalten. Da sich aber andererseits die betreffenden Körper gar nicht deformieren sollen, so können wir sie ebenso gut als vollkommen unelastisch ansehen; dann werden aber zwei Moleküle, die mit entgegengesetzt gleichen Geschwindigkeiten in zentralem Stoße aufeinander prallen, nach dem Stoß in Ruhe bleiben, weil die beiden Geschwindigkeiten einander aufheben. Das heißt eben, daß vom rein rationalen Standpunkt aus betrachtet bei jedem Zusammenstoß zweier Moleküle eine absolute Unbestimmtheit hinsichtlich der Folgen eintritt, was offensichtlich dem Determinismus, der Grundlage aller Wissenschaft, widerstreitet.

Es ist interessant, aus einer Stelle in NEWTONS *Optik* festzustellen, daß bereits zu seiner Zeit ähnliche Argumente geltend gemacht wurden wie diejenigen, die auf dem Energieprinzip beruhen. Darüber werden jedoch nur diejenigen sich wundern, die glauben, daß die Geschichte jenes Prinzips mit MAYER und JOULE beginnt. In Wirklichkeit diente seit HUYGENS und LEIBNIZ das Prinzip der Erhaltung der lebendigen Kraft in vielen Fällen denselben Zwecken. NEWTON sagt: „Begegnen zwei gleiche Körper einander im leeren Raum in derselben Geraden, so werden sie nach den Bewegungsgesetzen an der Stelle stehen bleiben, wo sie sich treffen, und ihre ganze Bewegung verlieren, es sei denn, daß sie elastisch sind und durch ihre Elastizität eine neue Bewegung erhalten... Sagt man, daß sie nur soviel an Bewegung verlieren können, wie sie an andere Körper abgeben, so wäre die Folge, daß sie im leeren Raum gar keine Bewegung verlieren könnten, sondern bei der Begegnung weiterfliegen und ineinander eindringen müßten“.¹

Wie man sieht, behandelt NEWTON die Forderung, die Erhaltung der lebendigen Kraft als Axiom zu betrachten, nicht sehr ernst; offenbar konnte dieses Prinzip damals nicht erfernt die Autorität beanspruchen, die heutzutage das Prinzip der Erhaltung der Energie

¹ NEWTON, *Opticks*, 3. Aufl., London 1721, S. 373. „If two equal Bodies meet directly in vacuo, they will by the laws of Motion, stop where they meet and lose all their Motion and remain in rest, unless they be elastick and receive new Motion from their Spring... If it be said, that they can lose no Motion but what they communicate to other Bodies, the consequence is, that, in vacuo they can lose no Motion, but when they meet must go on and penetrate one another Dimensions“.

genießt. Vor allem bemerkenswert ist aber an diesen wenigen Zeilen, daß NEWTON darin nicht nur die Elastizität, sondern auch die Härte der Körper als der Erklärung bedürftig hinstellt. Auf diesen Punkt werden wir gleich zurückkommen.

Solange es sich übrigens nur um Billardkugeln handelt, ist es nicht allzu schwer, die Schwierigkeit, wenn nicht zu beseitigen, so wenigstens zurückzuschieben. Wir können annehmen, daß die von der Kugel und der Bande zur Schau getragene Tendenz, zur ursprünglichen Gestalt zurückzukehren, bloßer Schein ist und auf molekularen Bewegungen beruht, die wir unbestimmt lassen. Wenn es sich aber um den Stoß der Moleküle selbst handelt, so steht uns dieser Ausweg nicht mehr offen. Würden wir annehmen, daß ihre Elastizität auf den Bewegungen eines feineren Mediums beruht, so müßten wir wiederum dessen Elastizität erklären und dazu ein neues noch feineres Medium erfinden, usw. in infinitum. Es ist dies eine Konsequenz, die LEIBNIZ klar erkannt hat und vor der er übrigens nicht zurückgeschreckt ist, wie man einer Stelle seines *Essai de dynamique* entnehmen kann.¹ Aber die modernen Physiker werden sich sicherlich weigern, ihm hierin zu folgen.

Könnte aber die Elastizität der Moleküle nicht auf Bewegungen der ponderablen Massen selbst beruhen? In dieser Richtung sind vielfache Versuche unternommen worden. So hat P. SECCHI geglaubt eine Erklärung auf einen Satz von POIRNLOT gründen zu können, und diese Theorie, die in Wirklichkeit bloß auf einem einfachen Irrtum des italienischen Astronomen beruhte,² hat seitdem bei Philosophen einen ziemlich unverdienten Anklang gefunden.³ Die Versuche von Lord KELVIN und von HERTZ sind sehr viel ernster zu nehmen. Aber sowie man dem Problem etwas näher auf den Leib

¹ LEIBNIZ, *Mathematische Schriften*, Ausg. GERHARDT, Bd. VI, S. 228. „Je n'ajouteray qu'une Remarque qui est que plusieurs d'instiguent entre les corps durs et mols, et les durs même en élastiques ou non et bâaissent là-dessus les différentes règles. Mais on peut prendre les corps naturellement pour Durs-Élastiques, sans nier pourtant que l'Élasticité doit toujours venir d'un fluide plus subtile et pénétrant dont le mouvement est troublé par la tension ou par le changement de l'Élastique. Et, comme ce fluide doit estre composé luy-même à son tour des petits corps solides élastiques entre eux, on voit bien que cette Réplication des Solides et des Fluides va à l'infini.“

² Vgl. hierüber STALLO, a. a. O. S. 29.

³ Vgl. ALFRED FOUILLEE, *Le mouvement idéaliste*, Paris 1896, S. 118; *Le mouvement positiviste*, Paris 1896, S. 136.

rückt, stößt man stets, wie BOLTZMANN festgestellt hat,¹ auf enorme Schwierigkeiten; denn die Komplikation der Hilfhypothesen und der Konstruktionen wird sehr groß, ohne daß es übrigens gelungen wäre, auch nur die einfachste Erscheinung in befriedigender Weise darzustellen. Nun wird aber in diesem Falle die Theorie durch die Komplikation wertlos. Das Atom muß, das sagt uns ein deutliches Gefühl, wenn es wirklich etwas erklären soll, einfach sein. Schreibt man dem Atom eine Struktur und verwickelte Bewegungen zu, so muß man differenzierte Teile in ihm annehmen und muß die Festigkeit d. h. die Kohäsion der Teile postulieren. Wenn von Atomen die Rede ist, so stelle ich sie mir nicht deutlich vor und schreibe ihnen eine Art ganz idealer Einheit zu. Daher erregt ihre Starrheit weniger Anstoß bei mir, obgleich im Grunde die Schwierigkeit dieselbe ist. Hier aber empfinde ich sie auf den ersten Blick und bemerke, daß das harte Atom ebenso sehr der Erklärung bedarf wie das elastische.

Oben haben wir gesehen, daß das korpuskulare Atom mit den uns bekannten Körpern darin Ähnlichkeit hat, daß es wie sie Masse besitzt. Es gleicht ihnen oder vielmehr einer gewissen Klasse von ihnen, den sog. *festen* Körpern, außerdem darin, daß es eine bestimmte *Gestalt* besitzen muß. Sehr oft allerdings lassen die Physiker oder Chemiker, wenn sie vom Atom sprechen, diesen Punkt im Unklaren, indem sie höchstens in unbestimmter Weise eine Kugelgestalt voraussetzen.² Nur weil die Theorien noch nicht sehr weit entwickelt sind, macht sich der Mangel an Präzision nicht weiter unangenehm bemerkbar. Es ist aber nicht zweifelhaft, daß das Atom in den Korpuskulartheorien wirklich ein kleiner fester Körper, ja sogar ein ultra-fester Körper ist; „diese festen Teilchen, sagt NEWTON, sind unvergleichlich viel härter als irgendeiner der aus ihnen zusammen-

¹ BOLTZMANN, *Anfrage, die Hertzsche Mechanik betreffend*, Wiedemanns Annalen, Suppl. 1889; Ders., *Die Druckkräfte in der Hydrodynamik*, daselbst 1900; Ders., *Vorlesungen über Gastheorie*, 3. Aufl. 1923, Bd. 1, S. 3 f. Bekanntlich ist übrigens die Hertzsche *Mechanik*, so bemerkenswert sie auch durch ihre Genialität ist, bis auf den heutigen Tag so gut wie unfruchtbar geblieben, trotz des großen Ansehens, das sich an den Namen ihres Verfassers knüpft. — Über den Versuch Lord KELVINS vgl. seine Mitteilung in den Comptes rendus de l'Académie des sciences, Bd. CIX, S. 454, *Sur une constitution gyrostatique adynamique pour l'éther*.

² Freilich haben sich die Physiker und Chemiker auch zuweilen etwas präziser über diese Frage ausgesprochen, wenn auch ein wenig widerwillig, weil sie ihnen zu schwierig erscheint. Es ist kaum nötig, hier an die Spekulationen über das Kohlenstofftetraeder zu erinnern.

gesetzten Körper; sie sind sogar so hart, daß sie sich niemals abnutzen noch je zerbrechen“.¹ Diese kleinen festen Körper müssen unbedingt eine Gestalt haben und einen streng begrenzten Teil des Raumes erfüllen. Das veranlaßt LASSWITZ zu der Äußerung, daß das Atom vor allem „ein bewegter Teil des Raumes ist, dessen geometrische Teile zu einander in relativer Ruhe sind“.² Betrachtet man die Sache von diesem Gesichtspunkt, so kann nicht mehr von der unbestimmten idealen Einheit die Rede sein, die wir vorhin gefordert hatten. Der Raum im Innern der Korpuskel hat Teile; woher kommt es, daß diese untereinander so solidarisch sind, warum trennen sie sich nicht beim Stoß, aus welchem Grunde kann ein fremder Körper nicht zwischen diese Teile eindringen?

DESCARTES' Theorie war nicht im eigentlichen Sinne eine Korpuskulartheorie. Da jedoch für ihn bekanntlich das Wesen des Körpers in seiner räumlichen Ausdehnung bestand, so stellte sich ihm das Problem in ganz ähnlicher Weise. Er half sich mit der Annahme, diese Kohäsion der Teile sei eine einfache Folge davon, daß die Teile gegeneinander in Ruhe seien.³ Das war eine wenig befriedigende Lösung, und schon LEIBNIZ erkannte klar, daß das Atom, um mechanisch wirken zu können, eines besonderen Wirkungsprinzips bedürfe.⁴ Ebenso hat NEWTON, wie wir weiter oben (S. 62) gesehen haben, verstanden, daß die Korpuskel ohne ein besonderes Wirkungsprinzip außerstande ist, im Stoß zu wirken. Immerhin sind einige Erklärungsversuche gemacht worden. Der bemerkenswerteste ist zweifellos der von DENIS PAPIN, der in einem Brief an HUYGENS die Hypothese ausspricht, daß „die Materie an sich keinerlei Verbindung ihrer Teile besitzt und daß die Härte, die gewisse Körper zeigen, nur von der Bewegung der umgebenden Flüssigkeiten herrührt, welche die am wenigsten bewegten Teile gegeneinander preßt“.⁵ Die damit angedeutete Theorie gleicht der von LEIBNIZ für die Elastizität, d. h. sie läuft gleichfalls auf eine unendliche Vielfältigung der Medien hinaus. Offenbar hat sich keine dieser

¹ NEWTON, *Opticks*. Vgl. das vollständigere Zitat weiter unten S. 458.

² LASSWITZ, *Zur Rechtfertigung der kinetischen Atomistik*. Vierteljahrschrift für wissenschaftliche Philosophie, Bd. IX (1885), S. 151.

³ DESCARTES, *Principes; Oeuvres*, Ausg. ADAM u. TANNER, Bd. IX, Paris 1904, II, Kap. LV. Titel: „Qu' il n'y a rien qui joigne les parties des corps durs, sinon qu'elles sont en repos en regard l'une de l'autre.“

⁴ Vgl. Anhang I, S. 478 ff.

⁵ HUYGENS, *Oeuvres complètes*, Bd. IX, Haag (1901), S. 429.

„Erklärungen“ in der Wissenschaft halten können; denn wenn wir ein Handbuch der Physik aufschlagen, so finden wir darin das Leibnizsche Wirkungsprinzip unter dem Namen *Undurchdringlichkeit* eingeführt.

Wir würden also wenig dadurch gewinnen, daß wir an die Stelle der elastischen harte Körper setzen; denn letzten Endes könnten wir uns den Widerstand, den ein Körper dem Eindringen eines anderen entgegensetzt, nicht anders als in Gestalt eines geheimnisvollen „Wirkungsprinzips“ vorstellen.

Schließlich gibt es noch ein Argument, das sich unmittelbar der Erfahrung entnehmen läßt. Die Korpuskulartheorie beruht auf der Wirkung bei der Berührung. Nun aber findet gar keine wirkliche Berührung zwischen zwei Körpern statt. Wenn der eine Körper den anderen gestoßen hat, so scheint er ihn dabei berührt zu haben; aber das ist nur Schein. In Wirklichkeit ist im Augenblick des Stoßes selbst zwischen den Partikeln, die einander am nächsten gekommen sind, ein Zwischenraum geblieben, der sich durchaus abschätzen läßt. Bekannt ist die Erscheinung, die eintritt, wenn man eine Linse gegen eine ebene Platte drückt; man bezeichnet sie mit dem Namen der „Newtonschen Ringe“. Aus der Farbe dieser Ringe kann man die Dicke der Zwischenschicht berechnen. In der Mitte, wo diese Dicke am geringsten ist, entsteht ein schwarzer Fleck. Das ist der „optische Kontakt“; aber das ist noch keine wirkliche Berührung. Man kann die beiden Körper einander noch mehr nähern; aber dann findet Adhäsion statt.¹

Diese Schwierigkeiten kamen, wie wir soeben gesehen haben, zum großen Teil seit der Zeit von LEIBNIZ und HUYGENS zur Geltung. Daher entstand, nachdem NEWTON das allgemeine Gravitationsgesetz aufgestellt hatte, eine ganz andere Theorie der Materie; diese Theorie gründet sich auf die Existenz von Fernkräften und hatte, wie H. POINCARÉ sehr richtig bemerkt hat, zuerst die Tendenz, aus den Körpern so etwas wie Sternsysteme zu machen, worin sich ihre Abstammung von der Himmelsmechanik deutlich verriet. Klar formuliert wurde diese Ansicht zum erstenmal von dem englischen Physiker COTES in der Vorrede zur 2. Auflage von NEWTONS *Principia*, die 1713 erschien. NEWTON selbst hat sich über diese Frage niemals

¹ MAXWELL, *On action at a Distance. Scientific Papers*, Cambridge 1890, Bd. II, S. 314.

deutlich ausgesprochen, aber es ist wahrscheinlich, daß er in dieser Hinsicht mit seinen Schülern einig war.¹ Zu Beginn des 19. Jahrhunderts hat die Theorie ihre Weihe durch LAGRANGES² *Analytische Mechanik* und die experimentellen Arbeiten von COULOMB erhalten, durch welche die Gleichartigkeit anderer Fernkräfte, speziell der Elektrizität, mit der Gravitation endgültig festgestellt schien.³ Aber schon vorher hatte die Hypothese ihren Theoretiker gefunden, der sie bis zur vollen logischen Reife entwickelte. Das war der Jesuit BOSCOVICH, dessen Hauptwerk 1759 erschien.⁴

BOSCOVICH nimmt an, daß die Atome keine Korpuskeln, sondern vollkommen ausdehnungslose geometrische Punkte seien. Jeder dieser Punkte ist ein Zentrum für eine Kraft, die in gleicher Entfernung um den Punkt herum überall dieselbe ist, aber mit der Entfernung variiert. In einer sehr kleinen Entfernung ist die Kraft eine abstoßende, und ihre Intensität nimmt unendlich zu, je mehr man sich dem Zentrum zu nähern versucht, so daß sie jedem noch so starken Impuls widerstehen kann und zwei Zentren niemals zusammenfallen können. Mit wachsender Entfernung nimmt die abstoßende Kraft ab und wird in einer gewissen Entfernung Null, so daß in dieser Entfernung weder Anziehung noch Abstoßung stattfindet. Entfernt man sich noch weiter vom Zentrum, so wird die Kraft anziehend, wächst, durchläuft ein Maximum und nimmt wieder ab, so daß sie in einer gewissen Entfernung wieder Null wird. Danach wird sie wieder abstoßend, wächst, nimmt neuerdings ab und wird nochmals Null. Das wiederholt sich mehrmals, bis die Kraft schließlich in einer gewissen Entfernung endgültig zur Anziehungskraft wird und nunmehr proportional dem Quadrat der Entfernung abnimmt bis ins Unendliche oder „wenigstens bis in Entfernungen, die diejenigen sämtlicher Planeten und Kometen bei weitem über-

¹ Vgl. Anhang I, S. 485 ff.

² LAGRANGES Ansichten sind in vorzüglicher Weise zusammengefaßt von DUHEM, *L'évolution de la Mécanique*, Paris 1903, S. 43—45 und 71—72.

³ Über den Einfluß COULOMBS vgl. ROSENBERGER, a. a. O. S. 371.

⁴ P. ROGERIUS JOSEPHUS BOSCOVICH, *Philosophiae naturalis theoria redacta ad unicam legem virium in natura existentium*. Wien 1759. In der Einleitung zu diesem Werke findet man (S. 3) ein Verzeichnis der früheren Arbeiten von BOSCOVICH über denselben Gegenstand. — PRIESTLEY, ein überzeugter Anhänger des Dynamismus, behauptet (*Disquisitions relating to Matter and Spirit*, London 1777, S. 19), der Astronom JOHN MICHELL habe eine ähnliche Theorie wie die von BOSCOVICH gleichzeitig und unabhängig von diesem veröffentlicht.

treffen“.¹ BOSCOVICH stellt die Änderungen dieser Kraft durch eine Kurve dar, deren äußerste Enden hyperbelartig sind. Ihre Asymptoten sind die Achse der Entfernungen einerseits und die der Kräfte andererseits; dagegen schneidet der mittlere Teil der Kurve die Achse der Entfernungen mehrmals.

Das System des BOSCOVICH ist von den Physikern nur selten in voller Strenge angewandt worden; von seiner einzigen Kraftkurve ist wenig die Rede. Im XIX. Jahrhundert hat SAINT-VENANT² seine Hypothesen wieder aufgenommen und vereinfacht. Seine Kurve hat gleichfalls die beiden Achsen zu Asymptoten, aber sie schneidet die Achse der Entfernung nur einmal. Es ist mindestens zweifelhaft, ob eine einzige solche Kurve genügt, um die verschiedenen Wirkungen der Atome und Moleküle darzustellen, die man zur Erklärung der beobachteten Erscheinungen wird voraussetzen müssen. Wie dem auch sei, jedenfalls hat die „einzige Kraft“ SAINT-VENANTS nicht viel mehr Erfolg gehabt als die seines Vorgängers. Nichtsdestoweniger haben die Ideen BOSCOVICHs dadurch einen beträchtlichen Einfluß auf die Wissenschaft ausgeübt, daß er sich als Erster entschlossen hat, das Atom jeder Ausdehnung zu entkleiden; in diesem Sinne fußen auf ihm alle späteren Physiker, die punktförmige Atome angenommen haben. BOSCOVICH hat übrigens nicht verfehlt, sein System durch eine Kritik an der Korpuskulartheorie zu stützen; diese Kritik beruht auf Überlegungen über die Übertragung der Bewegung. *Quid autem est impenetrabilitas ista? Unde fit ut idem spatium bina corpora occupare non possint?*³ Diese Undurchdringlichkeit kann nur eine Kraft sein, und jede Übertragung einer Bewegung muß durch eine Kraft vermittelt werden: „*nullam mutationem motus fieri per impulsione[m] sed semper per vires agentes in aliqua distantia*“; und in diesem System macht selbstverständlich die absolute Elastizität der Atome und Moleküle gar keine Schwierigkeiten mehr.

Warum trotzdem BOSCOVICHs „einzige Kraft“ so wenig Erfolg hatte, ist leicht zu verstehen: unser Vorstellungsvermögen sträubt sich wahrhaftig allzusehr gegen sie. Warum ändert sie sich in einer bestimmten

¹ BOSCOVICH, a. a. O. S. 6.

² DE SAINT-VENANT, *Mémoire sur la question de savoir s'il existe des masses continues* etc., Paris 1844, S. 9. — SAINT-VENANT hat seine Ansicht später geändert und versucht, den Begriff der Kraft gänzlich auszuschalten. Vgl. PADÉ, *Revue générale des sciences*, 1905, S. 765.

³ BOSCOVICH, *De viribus vivis dissertatio*, Rom 1745, S. 33.

Entfernung, und wie kann sie sich in der rechten Entfernung aus einer abstoßenden in eine anziehende und umgekehrt verwandeln? Soll diese einzige Kraft des Zentrums als von diesem emanierend aufgefaßt werden, so stellen wir uns notwendigerweise vor, daß sie nahe ihrem Ursprung, in kurzer Entfernung vom Zentrum, denselben Charakter haben müßte wie in einer größeren Entfernung, d. h. sie müßte entweder immer anziehend oder immer abstoßend sein. Nun ist es aber offenbar absolut unmöglich, die Welt mit Hilfe einer dieser beiden Annahmen zu konstruieren. BOSCOVICH'S Kraft ist zwar ohne Zweifel immer, sei es als anziehende, sei es als abstoßende Kraft, nach dem Zentrum *gerichtet*; aber sie scheint nicht von ihm *auszugehen*.*

Man könnte allerdings geltend machen, daß diese Veränderung der Kraft die Folge eines Gesetzes sei. Aber dieses Argument, das übrigens, wie der Titel seines Hauptwerkes (*Theoria . . . redacta ad unicam legem*) zeigt, von BOSCOVICH selbst in gewisser Weise vorbereitet worden ist, kann ebensowenig angenommen werden wie der Versuch, den elastischen Stoß der Korpuskeln durch die Erhaltung der Energie zu erklären. Denn ohne Frage handelt es sich hier um eine Hypothese über die Erzeugungsweise und nicht um einen einfachen Rechenkunstgriff wie bei der Einführung des Sinus in die Formulierung des Brechungsgesetzes. Die Art, in der BOSCOVICH seine Theorie darstellt, läßt keinen Zweifel in dieser Hinsicht aufkommen, und seine Polemik gegen die Undurchdringlichkeit hätte gar keinen Sinn, wenn es sich anders verhielte. Wir können also mit einem Gesetz nichts anfangen.

Es nimmt daher auch nicht wunder, daß die Dynamisten stets vorgezogen haben, ihr Punkt-Atom mit mehreren Kräften auszustatten, die nach verschiedenen Gesetzen wechseln. Das war u. a. KANTS Ansicht.¹ Durch diese Modifikation wird die Theorie weniger logisch; sie verliert die schöne Einheitlichkeit, die ihr durch

* Der Verfasser will damit sagen, daß die Richtung der Kraft zwar wohl durch das Zentrum hindurchgeht, dieses Zentrum jedoch nicht als der *Sitz* der Kraft erscheint. Ltn.

¹ KANT war ein Gegner der Atomhypothese (siehe sein nachgelassenes Werk *Vom Übergange* usw., herausgeg. v. KRAUSE, Frankfurt 1888, S. 96—97, 111—112, 164). Nichtsdestoweniger sind seine wissenschaftlichen Erklärungen in den *Metaphysischen Anfangsgründen* völlig dynamistisch in dem Sinne, den wir diesem Ausdruck geben. Später, in seinem nachgelassenen Werk, neigt er etwas mehr zu den Erklärungen durch Bewegung.

BOSCOVICH verliehen worden war, ohne daß sie dadurch annehmbarer geworden wäre. Wie kann man zugeben, daß dasselbe Punkt-Atom zugleich anziehende und abstoßende Kraftstrahlen aussendet?

Es gibt aber Einwände, die sich gegen alle rein dynamischen Systeme erheben lassen. Es ist keineswegs sicher, daß alle Kräfte, die man anzunehmen genötigt sein wird, sich als Zentralkräfte ansehen lassen. Mindestens ist das für die molekularen Kräfte zweifelhaft. Es scheint durchaus, als ob zwischen den verschiedenen Formen des Widerstandes der Körper bestimmte Beziehungen bestehen müßten, wenn ausschließlich Zentralkräfte ins Spiel kämen; aber die Erfahrung lehrt, daß diese Beziehungen nicht gelten. Ebenso wenig kann man eine dauernde Deformation erklären, wenn man nur Zentralkräfte annimmt. Auch die Erscheinungen der Kristallisation scheinen zu erfordern, daß die Wechselwirkung der Moleküle sich nicht allein in der Richtung der Geraden vollzieht, die ihre Schwerpunkte verbindet; sie müssen auch eine drehende Wirkung aufeinander ausüben können.

Noch fundamentaler ist der folgende Einwand, weil er den Begriff des rein dynamischen Atoms selbst betrifft. Dringen wir durch die das Atom umgebenden Kräfte hindurch! Das Zentrum dieser Kräfte ist ein Punkt, d. h. eigentlich (da ja der Punkt eine geometrische Abstraktion ist) leer. Alle Gegenstände unserer Erkenntnis, die wir in die Außenwelt verlegen, haben eine Ausdehnung. Können wir uns das Dasein von etwas Unausgedehntem im Raum vorstellen? Wir lassen allenfalls die vom Zentrum ausstrahlende Kraft zu; wir stellen sie uns als Gerade vor. Worauf wirkt sie aber, wenn sie ein anderes Atom erreicht, da sie es doch leer vorfindet? Wie kann dieses Nichts der Bewegung widerstehen, wie kann es, einmal in Bewegung gesetzt, diese Bewegung beibehalten, kurz, wie kann es Masse besitzen und Trägheit zeigen? „Keine Anordnung von Kraftzentren, wie kompliziert sie auch sein mag, kann diese Tatsache erklären“, sagt MAXWELL, und er fügt hinzu: „Kein Teil dieser Masse kann, das leuchtet ein, auf der Existenz der angenommenen Kraftzentren beruhen“.¹ Man beachte wohl, es handelt sich nicht einfach um das, was man übereingekommen ist, eine *qualitas occulta* zu nennen, d. h. eine Eigenschaft, die sich nicht aus

¹ MAXWELL, *Theory of Heat*, 10. Aufl. London 1891, S. 86.

denen erklärt, welche die Kraftzentren definieren. Nein, es ist eine Eigenschaft, die mit dem geistigen Bilde, das wir uns machen, nicht zu vereinigen ist. Kurz, die Schwierigkeit ist hier ähnlich derjenigen, der wir beim korpuskularen Atom begegnet sind: wenn dieses nicht selbst wirken kann, so können wir uns ebensowenig vorstellen, wie auf das dynamische Atom eine Wirkung ausgeübt werden soll. Es stellt sich also heraus, daß das eine dieser beiden Systeme nur die passive, das andere nur die aktive Seite einer Erscheinung wiedergibt, die man sich natürlich nicht anders als zweiseitig vorstellen kann.

Es läßt sich sogar nicht bestreiten, daß für unser Vorstellungsvermögen die dynamische Auffassung der korpuskularen unterlegen ist. Um uns davon zu überzeugen, brauchen wir nur an die Bewegung zu denken, die doch schließlich die wesentlichste Funktion des Atoms ist, die einzige Veränderung, deren es fähig ist. Beim dynamischen Atom haben wir ebensoviel Mühe, uns eine Ortsveränderung dieses *Nichts* vorzustellen, das seinen Kern bildet, wie eine solche der es umgebenden Kräfte, die wir uns ja tatsächlich wie eine Art riesenhaftes Spinnennetz vorstellen, das für jedes einzelne Atom das ganze Weltall umfaßt. „Kann eine Kraft gestoßen und von einem Ort an einen anderen geschoben werden?“ fragt SPIR sehr richtig.¹ So natürlich die Ortsveränderung erscheint, wenn man sie auf die in ihrer Ausdehnung begrenzte Korpuskel anwendet, so paradox erscheint sie für das dynamische Atom. Man kommt also folgerichtig dahin, die einfachere und logischere Vorstellung einer direkten Variation der Kraft als Funktion der Zeit zu bilden. Das aber ist, wie wir später sehen werden, ein sicheres Zeichen dafür, daß die Theorie gescheitert ist.

Daher ist es auch nicht weiter zu verwundern, daß die Physiker im allgemeinen vermittelnde Lösungen bevorzugt haben, die sich zwar von der strengen Logik noch weiter entfernen, dafür aber unserem Vorstellungsvermögen mehr Anhaltspunkte bieten. Man behält das korpuskulare Atom bei, umgibt es aber mit Fernkräften. Offenbar ist dieses kombinierte System einer Reihe von Einwänden ausgesetzt, die bereits gegen jede der beiden extremen Vorstellungen erhoben worden sind. Es stößt aber außerdem auf Schwierigkeiten, die ihm eigentümlich sind. Wie kann dieses angeblich einfache Wesen, das das Atom darstellen soll, zwei so heterogene Bestandteile in sich

¹ SPIR, a. a. O. S. 392.

vereinigen wie eine Korpuskel und Kräfte? Was kann die beiden miteinander verbinden? Und dann — was nur eine andere Seite desselben Problems ist — findet zwar die von einem Atom ausstrahlende Kraft einen „Kern“ auf den sie wirken kann, wenn sie auf ein anderes Atom trifft; aber wie kann sie wirken? Das einzige Bild, das wir uns von einer Kraft machen können, ist das einer Geraden. Zwischen diesem Bilde und dem einer Korpuskel, auf welche die Kraft wirken soll, finden wir keine Verbindung. Ebensowenig entdecken wir eine solche Verbindung zwischen dem Begriff der Kraft und dem der Bewegung. Sehe ich einen Körper durch einen Stoß in Bewegung versetzt werden, so habe ich die Illusion des Begreifens; denn anscheinend entsteht die eine Bewegung aus der anderen; aber hier soll die Bewegung aus einer Kraft entstehen, die zu ihr völlig heterogen ist.

Aber ist nicht schon die Vorstellung einer Fernkraft, die ja allen von der streng korpuskularen Hypothese abweichenden Systemen gemeinsam ist, ganz und gar paradox? Ohne Zweifel hatte man auch schon vor NEWTON oft eine „Tendenz“ der Körper zu einer bestimmten Bewegung, ja sogar ein „Hinstreben“ der Körper zueinander angenommen. So nahm z. B. ARISTOTELES an, daß zwei von den vier Elementen, nämlich Erde und Wasser, ein natürliches Streben nach unten, die beiden anderen dagegen ein Streben nach oben besäßen.¹ GALILEI² und KEPLER³ nahmen an, daß alle irdischen Gegenstände ein Streben nach der Erde besäßen. Aber das waren mehr „substanzielle Formen“, d. h. mehr oder weniger okkulte Qualitäten, in deren Erzeugung die Scholastik so verschwenderisch war. Man sieht durchaus nicht, daß vor NEWTON in klarer Weise von etwas die Rede gewesen wäre, das sich momentan durch den Raum überträgt, wie die Newtonsche Anziehung. DESCARTES wendet sich sehr lebhaft gegen jede Annahme einer Fernwirkung; sie schien ihm darauf hinauszulaufen, daß die materiellen Teilchen mit Erkenntnis ausgestattet würden; sie müßten „wahrhaft göttliche

¹ Vgl. weiter unten S. 160.

² GALILEI, *Dialoghi sui massimi sistemi*, Werke, Florenz 1842, Bd. I, Giornata Ia, S. 40. Eine ausgezeichnete Geschichte des Begriffs der Gravitation findet man bei DUHEM, *La Théorie physique*, Paris 1906, S. 367 ff.

³ KEPLER, *Opera omnia*, ed. FRISCH, Frankfurt 1870, Bd. III, S. 151. Bei KEPLER war übrigens diese Anziehung wie bei NEWTON eine gegenseitige: „*Gravitas est affectio corporea mutua inter cognata corpora ad unionem seu conjunctionem . . .*“

Fähigkeiten haben, um ohne irgendeine Vermittlung wissen zu können, was an Orten vor sich geht, die sehr weit von ihnen entfernt sind, und dort ihre Wirkung ausüben zu können“.¹

Ungeachtet des gewaltigen Fortschrittes, den die Himmelsmechanik durch das von NEWTON entdeckte Gesetz machte, stieß die Hypothese der allgemeinen Gravitation, als sie zuerst ausgesprochen wurde, dennoch auf heftigen Widerstand von seiten der Zeitgenossen. Vor allem LEIBNIZ war ein sehr entschiedener Gegner dieser Theorie.² Ebenso erklärte HUYGENS, „es hieße dunkle und unverstandene Prinzipien formulieren“, wenn man die Gravitation auf „irgendwelche inneren und inhärenten Qualitäten zurückführen wolle“.³ Er hat sich übrigens große Mühe gegeben, eine mechanische Theorie der Gravitation aufzustellen, aber ohne zu einem befriedigenden Ergebnis zu kommen. NEWTON selbst scheint, wenigstens zu Beginn seiner Arbeiten, die Möglichkeit erwogen zu haben, die Gravitation auf eine Wirkung des Mediums zurückzuführen.⁴

Die neue Vorstellung schien sich direkt aus dem von NEWTON aufgestellten Gesetz zu ergeben, und dieses herrschte unumschränkt über einen der wichtigsten Teile der Physik, der sich am schnellsten und am vollständigsten entwickelt hatte. In anderen Teilen gestattete sie wichtige Vereinfachungen der Rechnung und versprach, wie wir sahen, die Grundlage für eine allgemeine Theorie der Materie zu liefern. Es war also sehr natürlich, daß sie den Sieg davontrug. Erstaunlich sind im Gegenteil die Widerstände, die sich ihr in den Weg stellten. Ohne Zweifel kann man die anfänglichen Widerstände dem Einfluß DESCARTES zuschreiben, der sowohl der Wissenschaft als auch der Philosophie seinen Stempel aufgedrückt hatte und sogar so starke Geister wie LEIBNIZ und HUYGENS beherrschte. Prüft man jedoch, was sich in der Folge zutrug, so bemerkt man, daß es in der Wissenschaft immer eine starke Strömung gegen die Vorstellung der Fernwirkung gegeben hat. D'ALEMBERT behandelt die Kräfte, soweit sie Bewegungsursachen sein sollen, als „dunkle und metaphysische

¹ DESCARTES, Ausg. ADAM u. TANNERY, Bd. IV, S. 396. Vgl. DUHEM, a. a. O. S. 19.

² Über LEIBNIZ vgl. Anhang I, S. 478 ff.

³ *Traité de la lumière, où sont expliquées les Causes, etc. Avec un Discours de la Cause de la Pesanteur.* Par C. H. D. Z., Leyden 1690, S. 93.

⁴ NEWTON, *Opticks*, 3. Aufl., London 1721. Frage XXI und vor allem die 2. Anmerkung zu dieser Frage. Vgl. Anhang I, S. 490 ff.

Wesen, die über eine durch sich selbst klare Wissenschaft nur Finsternis zu verbreiten geeignet sind“.¹ Ein wenig später erklärt EULER, daß man sich mit der Annahme einer Fernwirkung in Widerspruch zum Trägheitsprinzip setze, denn nach diesem soll ein Körper seine Bewegung nur durch den Stoß eines anderen ändern.² 1771 stellt AEPINUS fest, daß man noch immer die Kräfte als „okkulte Qualitäten“ ansieht.³ Noch nach LAGRANGE und COULOMB bedienten sich viele Physiker zwar unbedenklich der „Zentralkräfte“, hörten aber trotzdem nicht auf, in der Vorstellung einer momentanen Wirkung durch den Raum hindurch einen Stein des Anstoßes, ja beinahe ein Ärgernis für die Physik zu sehen. Man findet bei STALLO⁴ eine lange Reihe von Zitaten, die in dieser Hinsicht sehr beweiskräftig und ausschließlich Physikern des XIX. Jahrhunderts entnommen sind. Man könnte dieses Verzeichnis beinahe unbegrenzt fortsetzen. Wir wollen uns damit begnügen, als besonders bezeichnend die Erklärung von SIR WILL. THOMSON (Lord KELVIN) hinzuzufügen, der die Hypothese der Fernwirkung für „das phantastischste aller Paradoxe“ bezeichnet.⁵ Vielleicht noch merkwürdiger ist es, daß auch Physiker, die in dieser Hinsicht eine weniger ausgesprochene Stellung einnehmen, dennoch bei geeigneter Gelegenheit bezeugten, wie gerne sie ohne die Fernwirkung auskommen würden. So meint GAUSS, der sich doch selbst als Newtonianer bezeichnete, daß für die Elektrizität die Vorstellung einer zeitlichen Ausbreitung derjenigen der momentanen Ausbreitung bei weitem vorzuziehen wäre (und das zu einer Zeit, als keinerlei Versuche eine derartige Behauptung rechtfertigten).⁶ Ebenso empfand FARADAY, obwohl er theoretisch den Gedanken von BOSCOVICH zu folgen vorgab, einen großen Widerwillen gegen die Vorstellung von Kräften, die fern von ihrem Sitz und ohne physikalischen Zusammenhang mit ihrem Ursprungsort wirken sollen.⁷ MAXWELL erklärte, es würde genügen, daß eine wissenschaftliche Theorie Aussicht böte, mit einiger Wahrchein-

¹ D'ALEMBERT, *Traité de dynamique*, 2. Aufl., Paris 1758, S. 16.

² EULER, *Theoria motus*, Rostock 1765, S. 51.

³ ROSENBERGER, *Die moderne Entwicklung der elektrischen Prinzipien*, Leipzig 1898, S. 43.

⁴ STALLO, a. a. O. S. 36 ff.

⁵ WILL. THOMSON, *Papers on Electrostatics*, London 1872, S. 318.

⁶ Über GAUSS vgl. LARMOR, *Aether and Matter*. Cambridge 1900, S. 72 und ROSENBERGER, *Die moderne Entwicklung* usw. S. 70—71.

⁷ Vgl. MAXWELL, *Scientific Papers*. Cambridge 1890, Bd. II, S. 155 ff., 311.

lichkeit zu einer Erklärung der Schwerkraft zu führen, um Naturforscher zu veranlassen, dem Ausbau dieser Theorie den Rest ihres Lebens zu widmen.¹ Und dieselbe Ansicht drückt HELMHOLTZ aus, der doch bekanntlich seinen Beweis des Energieprinzips auf die Hypothese der Zentralkräfte gegründet hatte.²

Demnach faßt also SIR J. THOMSON einfach die Sachlage zusammen, wenn er erklärt, daß die Fernwirkung zwar wegen der Erleichterungen, die sie für die Rechnung bietet, vielen Mathematikern plausibel erschienen sei, daß aber die größten Physiker sich niemals hätten entschließen können sie zu akzeptieren.³ Daher sind denn auch zahllose Versuche gemacht worden, um sich von ihr zu befreien. Nach HUYGENS haben HOOKE, VARIGNON, FATIO DE DUILLIER, REDEKER, EULER, CHALLIS, GUYOT, SCHELLBACH, GUTHRIE, THOMSON und viele andere sich daran versucht.⁴ Die Theorie, die unbestritten den größten Erfolg gehabt hat, war die von LE SAGE.⁵ MAXWELL war der Ansicht, daß dies die einzige widerspruchslöse Gravitationstheorie sei, die jemals aufgestellt worden ist.⁶ Bekanntlich besteht die Hypothese LE SAGES in der Annahme, daß die Gravitation das Ergebnis der Stöße einer ungeheuren Zahl von Korpuskeln sei, gegen die sich die Himmelskörper gegenseitig abschirmen. Die Schwierigkeiten, die diese Theorie mit sich bringt, sind enorm: nicht nur muß man annehmen, daß ein Körper von der Dichte der Erde für die fraglichen Korpuskeln fast völlig durchdringlich ist, sondern es ist auch, wie MAXWELL feststellt,⁷ unmöglich diese oder auch irgendeine andere mechanische Theorie der Gravitation mit dem Prinzip der Erhaltung der Energie in Einklang zu bringen. Außerdem hat LAPLACE als untere Grenze für die Aus-

¹ Daselbst, Bd. II, S. 341.

² HEINRICH HERTZ, *Gesammelte Werke*, Bd. III. Einleitung von HELMHOLTZ, S. 18.

³ J. J. THOMSON, *Electricity and Matter*. New-York, 1904, S. 7.

⁴ Die Arbeiten, welche denen von LE SAGE vorangehen, werden in PRÉVOSTS Vorrede zu seinem *Traité de Physique* aufgezählt. Paris 1818, S. 24–33. Über die späteren Arbeiten finden sich einige Einzelheiten bei MAXWELL, *Encyclopaedia britannica*, 9. Aufl., Artikel *Attraction*, S. 74, und bei STALLO, a. a. O. S. 36 ff. Über den Versuch EULERS vgl. *Opuscula*, Berlin 1745, S. 287.

⁵ LE SAGE hat seine Theorie in großen Zügen in seinem *Lucrèce Newtonien* (Mem. de l'Ac. de Berlin, 1772) dargestellt. Der *Traité de Physique* (Paris 1818), den PRÉVOST nach Aufzeichnungen von LE SAGE redigiert hat, enthält eine genauere Darstellung.

⁶ MAXWELL, *Encyclopaedia britannica*, 9. Aufl., Artikel *Atom*, S. 47.

⁷ Ders., *Enc. brit.*, Artikel *Attraction*, S. 65.

breitungsgeschwindigkeit der Gravitation eine Geschwindigkeit angegeben, die 100 oder mindestens 50 Millionen mal größer ist als die des Lichtes,¹ d. h. man mußte diese Geschwindigkeit und damit die der besagten Korpuskeln als annähernd unendlich ansehen. Es ist außerordentlich bezeichnend, daß alle diese Schwierigkeiten nicht verhindert haben, daß angesehene Physiker sich ernsthaft um die Prüfung und Weiterentwicklung dieser Theorie bemüht haben. Man wird dadurch zu der Annahme genötigt, daß die innere Abneigung gegen die Hypothese der Fernwirkung einen sehr starken Einfluß auf ihren Geist ausgeübt hat.

Es muß bemerkt werden, daß die Physiker bei diesem Bemühen keineswegs auf die Unterstützung der Philosophen rechnen durften; denn diese schienen sich im Gegenteil mit der Fernwirkung vorzüglich abzufinden. KANT postuliert sie ausdrücklich in seinen *Metaphysischen Anfangsgründen* und macht sie zum Eckstein seiner Theorie der Materie. Wenn er später in seinem nachgelassenen Werke *Vom Übergang von den metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft zur Physik* in dieser Hinsicht weniger entschieden urteilt, so hat er den fraglichen Begriff doch niemals verleugnet.² SCHOPENHAUER nimmt womöglich noch entschiedener Stellung; die Kraft ist ihm etwas Ursprüngliches, wofür man keinen Grund suchen kann.³ Ebenso haben die Naturphilosophen unaufhörlich mit Kräften operiert. Diese Überlieferung hat sich auch später erhalten; der Begriff der Fernwirkung ist in der deutschen Metaphysik sozusagen gangbare Münze geworden, wie man bei E. v. HARTMANN sehen kann.⁴ In Frankreich betrachtete AUGUSTE COMTE den Begriff der Gravitation als über jeden Streit erhaben und warf den Astronomen der früheren Zeit vor, sie seien „fast stets beherrscht gewesen von den zeitgenössischen Vorurteilen hinsichtlich der eiteln Suche nach den Ursachen“.⁵ In England redete JOHN STUART MILL

¹ Die erste dieser Angaben findet sich in *Oeuvres*, Paris 1880, Bd. IV, S. 327; die zweite daselbst Bd. VI, S. 471.

[In der allgemeinen Relativitätstheorie wird bekanntlich die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Gravitationswirkungen derjenigen des Lichtes gleichgesetzt. Ltn.]

² Vgl. weiter unten S. 182 ff.

³ SCHOPENHAUER, *Die Welt als Wille und Vorstellung*, Ausg. FRAUENSTÄDT, Bd. I, S. 45 ff. u. 154.

⁴ E. v. HARTMANN, *Das Grundproblem der Erkenntnistheorie*. Leipzig, S. 16, 18, 20.

⁵ COMTE, *Politique positive*, Bd. I, S. 501.

von dem „Vorurteil“ gegen die Fernwirkung und beglückwünschte seine Zeitgenossen dazu, daß sie sich von ihm freigemacht hätten,¹ und HERBERT SPENCER benutzte den Kraftbegriff ohne Bedenken genau wie die Naturphilosophen.²

Die Haltung der Physiker in dieser Frage hat auf STALLO einen starken Eindruck gemacht,³ ein Zeugnis, das um so schwerer wiegt, als ihm selbst ebenso wie JOHN STUART MILL ihr Widerstand als Ausfluß eines bloßen Vorurteils erscheint, dessen einzige Quelle er in dem Umstande sieht, daß wir selbst nur bei Berührung auf die Körper wirken können. Es sei übrigens bemerkt, daß die Gegner der Fernwirkung im allgemeinen einen ähnlichen Standpunkt eingenommen haben. Wir werden später Gelegenheit haben, auf diese Betrachtungen zurückzukommen. Aber die wahren Gründe für den Widerstand der Naturforscher gegen die Annahme einer Fernwirkung scheinen uns sehr viel tiefer zu liegen.

Versuchen wir uns in Gedanken die Wirkung der Schwerkraft vorzustellen, so benutzen wir sicher ein Verfahren, das früher oft dazu diente, die Vorstellung von „Zentralkräften“ im allgemeinen plausibel zu machen. Wir stellen uns nämlich Flächen vor, die in verschiedenen Entfernungen von Zentrum senkrecht zum Radius stehen. Alsdann kommen wir leicht zu der Überzeugung, daß (wenn wir das Licht zum Vergleich benutzen) dieselbe Beleuchtung sich auf eine um so größere Fläche verteilt, je weiter diese vom Zentrum entfernt ist, und zwar im Verhältnis des Quadrates der Entfernung. Wir sehen also, wie bei der Gravitation dieselbe Kraft sich sozusagen wie eine Flüssigkeit auf Kugeloberflächen von wachsendem Durchmesser verteilt; das liefert uns ein scheinbar befriedigendes räumliches Bild. Man kann mit LOTZE danach fragen, was den dauernden Fluß dieser Pseudo-Flüssigkeit hervorbringt und was aus ihr wird, wenn sie auf ihrem Wege keinem Körper begegnet.⁴ Es kann auch

¹ Vgl. STALLO, a. a. O. S. 36.

² Vgl. z. B. SPENCER, *First principles*, Bd. I, S. 54, 231, 248, 251—254.

³ STALLO a. a. O.

⁴ LOTZE, *Grundzüge der Naturphilosophie*, 2. Aufl., Leipzig 1889, S. 27—28. Es ist zu bemerken, daß LOTZE diese Gründe für ausreichend hält, um zu erklären, daß das Bild eines Ausströmens in Kugelflächen aufgegeben werden müsse: „Man darf nur von einem linearen Verhältnis zwischen zwei Elementen sprechen.“ — KEPLER kommt bei der Untersuchung der Frage, in welcher Weise die Wirkung der Sonne auf die Planeten sich mit der Entfernung ändern müsse, zu dem Ergebnis, daß dies in umgekehrten Verhältnis

wunder nehmen, daß dieser Fluß die Körper, die er anziehen soll, nicht vielmehr abstößt. Aber das Wesentliche ist, daß das räumliche Bild selbst ein täuschender Schein ist und daß der Begriff der Fernwirkung im Grunde dem des Raumes widerstrebt.

Wir kennen die Materie nur durch ihre Wirkung; das folgt aus der Definition der Materie. Die Vorstellung einer Materie, die wahrhaft und absolut träge wäre, also weder auf unsere Sinne noch auf andere Materie wirken und auch nicht auf sie reagieren würde, diese Vorstellung wäre ein in sich widerspruchsvoller Begriff; eine solche Materie könnte nicht *existieren*, denn „existieren“ und „wirken“ sind in diesem Falle durchaus gleichbedeutend. „Ihr Sein ist ihr Wirken“, sagt SCHOPENHAUER, „kein anderes Sein ist auch nur zu denken möglich“.¹ Es folgt daraus, daß eine Materie, die gleichzeitig im ganzen Raume wirken soll, streng genommen im ganzen Weltall zugleich existiert. Das sieht man deutlich in der rein dynamischen Theorie: BOSCOVICH'S Atom befindet sich überall eher als in seinem „Zentrum“. Als Antwort auf diesen Einwand haben die Dynamisten zu beweisen versucht, daß wir auf jeden Fall zu der Annahme genötigt sind, daß eine Materie da wirkt, wo sie nicht ist. KANT sagt: „Ein jedes Ding im Raume wirkt auf ein anderes nur an einem Orte, wo das Wirkende nicht ist. Denn sollte es an demselben Orte, wo es selbst ist, wirken, so würde das Ding, worauf es wirkt, gar nicht *außer* ihm sein; denn dieses *Außerhalb* bedeutet die Gegenwart in einem Orte, darin das andere nicht ist. Wenn Erde und Mond einander auch berührten, so wäre doch der Punkt der Berührung ein Ort, in dem weder die Erde noch der Mond ist“.² Wenn man so schließt, so übersieht man vollkommen die Stetigkeit des Raumes; das sieht man deutlich, wenn man an die Stelle des Raumes die Zeit setzt. Die Hypothese der Fernwirkung besteht in der Annahme, daß eine Erscheinung eine andere bedingt und daß in dem Zwischenraum nichts geschieht. Sicher wird man sagen, daß dieser Zwischenraum von der Kraft *durchlaufen* wird. Da aber die beiden Erscheinungen gleichzeitig stattfinden sollen,

zur Entfernung stattfinden müsse (*Opera omnia*, ed. FRISCH, Frankfurt 1870, Bd. VI, S. 349). Das beweist, daß das Bild der sphärischen Ausstrahlung sich seinem Geiste keineswegs aufdrängte.

¹ SCHOPENHAUER, a. a. O., Bd. I, S. 10.

² KANT, *Gesammelte Schriften*, Akademieausgabe, Bd. IV, S. 513.

durchläuft die Kraft den Zwischenraum nicht, sondern sie überspringt ihn, wenn man diesen Ausdruck gebrauchen darf. Kann man etwas Ähnliches für die Zeit zulassen? Kann eine Erscheinung eine andere über die Zeit hinweg bedingen, ohne daß sich in den dazwischenliegenden Augenblicken irgendetwas ändert? Offenbar nicht. Wir drücken uns freilich oft so aus, als wäre ein Ereignis die Folge einer entfernten Vergangenheit. Das ist aber nur eine *façon de parler*. Im Grunde wissen wir sehr gut, daß auch in der Zwischenzeit Veränderungen stattgefunden haben, mögen sie auch unserer Aufmerksamkeit entgangen sein. Wohlgemerkt, es handelt sich hier nicht darum, die Frage zu entscheiden, ob die Zeit und der Raum wirkliche Kontinua sind oder nicht; sicher ist jedenfalls, daß wir sie als solche voraussetzen müssen, um uns ein Wirken vorzustellen.¹ Es liegt deshalb nahe, zu fordern, daß jeder Ort des Raumes nur von dem Wirkungsprinzip der Nachbarorte beeinflusst sei, gerade wie jeder Augenblick durch den vorhergehenden bedingt ist und seinerseits den unmittelbar folgenden bedingt. Gibt man weiter diese Einschränkung hinsichtlich des Raumes auf und räumt man ein, daß ein Körper wirklich an einem Ort wirken und dort eine Veränderung hervorrufen könne, ohne in den dazwischenliegenden Räumen irgendetwas zu verändern, warum sollte der Körper dann nicht auch an einem entfernten Ort *erscheinen* können, ohne die Orte zu passieren, die die beiden Positionen von einander trennen? Warum, da er doch gleichzeitig überall wirkt, sollte er nicht auch an zwei verschiedenen Orten zugleich erscheinen?² Derartige Annahmen sind übrigens, so ausschweifend sie erscheinen mögen, im

¹ Aus der Fortsetzung der Stelle von Sir J. THOMSON, die wir oben (S. 75) angeführt haben, kann man entnehmen, daß er sehr deutlich gefühlt hat, daß hier die wahre Quelle der Schwierigkeit entspringt, und es scheint, daß auch FARADAY ein Gefühl dafür gehabt hat.

[Die neueste Entwicklung der Quantentheorie scheint darauf hinzudeuten, daß im Unendlichkleinen, in der interatomaren Welt die Kategorien des Ortes und der Geschwindigkeit ihre strenge Gültigkeit verlieren. Wir befinden uns dort bereits im Bereich des *Irrationalen*. Möglichkeiten einer kausalen Erklärung hören ganz oder teilweise auf. Man vergleiche bsp. M. PLANCK, *Das Weltbild der neuen Physik*, Monatshefte für Mathematik und Physik, 36 (1929), S. 387—410. Ltn.]

² „Et comme plusieurs philosophes ont jugé que, même dans l'ordre de la Nature, un corps peut opérer immédiatement en distance sur plusieurs corps éloignés tout à la fois, ils croient, à plus forte raison, que rien ne peut empêcher la puissance divine de faire qu'un corps soit présent à plusieurs corps ensemble; n'y ayant pas grand trajet de l'opération immédiate à la présence et peut-être l'une dépendant de l'autre.“ LEIBNIZ, *Théodicée*, § 19, Ausg. ERDMANN, S. 485.

XVIII. Jahrhundert von PRÉMONTVAL ausgesprochen worden, und man kann aus seinem merkwürdigen Büchlein ersehen, daß sie ganz unmittelbar an die Vorstellung von der Fernwirkung angeknüpft werden.¹ Ebenso bezeichnend ist in dieser Hinsicht die Tatsache, daß ein moderner Autor in einem Buche, das übrigens wirkliches Interesse bietet,² die Wirkung der Schwerkraft mit der Hypothese einer vierten Dimension in Verbindung gebracht hat; auf dieselbe Annahme stützen die Spiritisten Gedanken, deren Verwandtschaft mit denen PRÉMONTVALS nicht geleugnet werden kann, und bekanntlich hat ZÖLLNER diese Annahme in ähnlicher Absicht benutzt.³ Das liegt daran, daß die Fernwirkung tatsächlich die Idee des Raumes aufhebt. Das vollzieht sich, wie ein berühmter Philosoph, übrigens ein Anhänger der Fernwirkung, es drastisch ausgedrückt hat, „hinter dem Rücken des Raumes“.⁴ Die Vorstellung ist anti-spatial oder mindestens *aspatial*.

Der Widerstand der Physiker ist also berechtigt. Stets hat die Wissenschaft sich nur widerwillig mit der Fernwirkung abgefunden und hält nur notgedrungen an ihr fest. Sie wird solange dazu genötigt sein, wie die Bewegungen der Himmelskörper sich nicht anders erklären lassen als durch die Annahme einer momentanen Ausbreitung der Gravitation. Sobald aber diese Hypothese nicht mehr unbedingt unentbehrlich sein wird, sobald es erlaubt sein wird, der Ausbreitung der Gravitationswirkung eine endliche Geschwindigkeit zuzuschreiben, wird diese Vorstellung bestimmt verschwinden, ohne jemals wiederzukehren; denn einen zeitlichen Sprung, der dem durch die Fernwirkung verlangten räumlichen Sprung entsprechen würde, hat nie jemand für möglich gehalten und wird auch wahrscheinlich niemals jemand annehmen. Das hat sich übrigens bei den anderen „Fernkräften“ gezeigt, die man eine nach der anderen durch Nahewirkungen ersetzt hat, sobald man sich überzeugt hatte, daß ihre Ausbreitung Zeit brauchte. HERTZ hat in seiner berühmten Rede *Über die Beziehungen zwischen Licht und Elektrizität*⁵ diese Entwicklung geschildert und die Vermutung ausgesprochen, daß auch die

¹ DE PRÉMONTVAL, *Vues philosophiques*, Berlin 1761, S. 212–237.

² MAURICE BOUCHER, *Essai sur l'hyperespace*. Paris 1903, S. 158 ff.

³ I. C. F. ZÖLLNER, *Prinzipien einer elektrodynamischen Theorie der Materie*. Leipzig 1876, S. LXXII ff.

⁴ LOTZE, a. a. O. S. 26.

⁵ HERTZ, *Gesammelte Werke*, Bd. I, S. 353.

Gravitation dies Schicksal teilen würde. Es scheint, als sei diese Voraussage im Begriffe, sich zu bewahrheiten; besonders die Arbeiten des berühmten holländischen Physikers H. A. LORENTZ sowie die von W. WIEN und anderen gehen in dieser Richtung. Wie wir früher gesehen haben, glaubte LAPLACE der Schwerkraft eine märchenhaft hohe Ausbreitungsgeschwindigkeit als untere Grenze zuschreiben zu müssen. Wie WIEN auseinandersetzt, war das ein prinzipieller Irrtum. Um derartige Berechnungen auszuführen, müßte man im Stande sein, die Anziehungskraft eines Körpers zu vergrößern oder zu verringern und dann die Störungen zu beobachten, zu denen diese Änderungen Veranlassung geben würden. Nun haben wir aber nicht die geringste Möglichkeit, die Schwere eines Körpers irgendwie zu ändern; sie bleibt vielmehr absolut konstant; es kann sich also nur um die Veränderungen handeln, die durch die Bewegungen der Himmelskörper hervorgerufen werden. Diese Veränderungen aber sind, wie LORENTZ gezeigt hat, äußerst winzig; es sind Größen zweiter Ordnung. Es steht also der Annahme einer endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit der Gravitation nichts mehr im Wege, man kann sie z. B. gleich der des Lichtes und der Elektrizität annehmen.¹ Es scheint allerdings, als sei diese Theorie von den Physikern noch nicht allgemein anerkannt; aber sie hat unter ihnen zahlreiche Anhänger; die soeben angeführten Namen genügen, um zu beweisen, wie sehr sie unsere Aufmerksamkeit verdient. Wenn es gelingt, sie einwandfrei zu begründen, so ist klar, daß dann die Vorstellung der Fernwirkung endgültig verschwinden wird; denn es gibt dann im ganzen Bereich der Wissenschaften keine einzige Tatsache mehr, die uns diese „Extravaganz“, um mit LORD KELVIN zu reden, aufnötigte.²

Fassen wir die Ergebnisse unserer kurzen Prüfung mit einigen Worten zusammen: die mechanistischen Theorien zeigten sich uns als zugleich sehr verwickelt und im Grunde mit unheilbaren Widersprüchen behaftet, also für den menschlichen Geist unendlich wenig befriedigend. Scheint dieses Ergebnis nicht denen Recht zu geben,

¹ W. WIEN, *Über die Möglichkeit einer elektromagnetischen Begründung der Mechanik*, *Drudes Annalen*, Bd. 5 (1901), S. 501 ff.

² Diese Ansicht scheint sich in der Tat seitdem unter den maßgebenden Physikern ziemlich restlos durchgesetzt zu haben. Die Auffassung von der Gravitation, wie sie der allgemeinen Relativitätstheorie EINSTEINS zugrunde liegt, setzt sie notwendigerweise voraus [Zusatz zur 3. Auflage].

die diese Theorien entweder ganz aus der Wissenschaft ausschließen oder ihnen lediglich die Rolle von Gedächtnishilfen einräumen wollen?

Versucht man jedoch andererseits die physikalischen Theorien aller Zeiten zu überblicken, so kann man sich nicht dem Eindruck entziehen, daß sie sich alle aus den gleichen Elementen aufbauen. Zuweilen wird, besonders in populärwissenschaftlichen Büchern, die Atomistik als das letzte Wort der Wissenschaft gepriesen, als ein Ergebnis, zu dem sie sich mühsam durchgerungen hätte. Da aber das hohe Alter der atomistischen Systeme nicht zu leugnen ist, so hat man versucht, zwischen den modernen Systemen und denen der Alten einen Unterschied zu konstruieren; man erklärt nämlich diese für „willkürliche spekulative Vorstellungen“, während man jene als „echte Entdeckungen der Naturforschung“ bezeichnet. Schon LANGE hat auf diese Behauptung BÜCHNERS in seiner *Geschichte des Materialismus* die gebührende Antwort erteilt.¹ In Wirklichkeit ist die Ähnlichkeit zwischen beiden vollkommen.

So unvollkommen unsere Kenntnisse über die Anfänge des menschlichen Wissens sind, soviel können wir doch sagen, daß die Atomistik bereits mit der Morgenröte der Wissenschaft in der einen oder der anderen Form auftritt. In Indien ist sie seit dem XII. vorchristlichen Jahrhundert vollendet; sie war dort, wie ihr Geschichtschreiber MABILLEAU feststellt, „nicht nur die erste, sondern auch die beständigste und beinahe einzige Form der Naturphilosophie“.² Es werden dort zwei Hauptsysteme der atomistischen Philosophie verzeichnet. Das der Zeit nach erste, das System KANADAS nähert sich den Ideen des ANAXAGORAS in dem Sinne, daß es qualitativ verschiedene Atome annimmt. KANADAS Atome sind ausdehnungslos; sie sind mit einer gewissen Fähigkeit oder Potenz ausgestattet (wenn man nach den Textbruchstücken schließen darf, die wir bei MABILLEAU finden, hat diese eine merkwürdige Ähnlichkeit mit LEIBNIZ' Antitypie) und auch mit Schwere, weswegen sie fallen. Natürlich wird jede materielle Tatsache auf eine Ortsveränderung zurückgeführt, das ist ja die wesentliche Grundlage einer jeden mechanistischen Theorie.³ Im Gegensatz zu KANADA erkennen die Jainas keine qualitativ ver-

¹ F. A. LANGE, a. a. O., 4. Aufl., Iserlohn 1882, S. 511.

² MABILLEAU, *Histoire de la philosophie atomistique*, Paris 1896, S. 14.

³ A. a. O. S. 28—33.

schiedenen Elemente an, sondern ihre Atome sind homogen wie die des LEUKIPP und des DEMOKRIT.¹ Später scheint vor allem *dieses* System bei den Indern geherrscht zu haben. In Griechenland datiert man im allgemeinen die Atomistik von LEUKIPP. Die Beziehungen zwischen ihm und DEMOKRIT kennen wir wenig.² Wir wissen daher nicht genau, welchen Anteil jeder von ihnen an dem System hat, das unter dem Namen des letzteren bekannt ist, aber sicher zu einem großen Teil auf den ersteren zurückgeht. Über dieses System ist alles gesagt worden, und das mindeste, was man von ihm behaupten kann, ist seine absolute Vollständigkeit; so wie es im V. vorchristlichen Jahrhundert aus den Händen dieser Griechen hervorgegangen ist, genau so — abgesehen von bedeutungslosen Verbesserungen — sehen wir es bei den Philosophen und Naturforschern der Neuzeit wiedererstehen und sich bis zum Ende des XIX. Jahrhunderts halten, d. h. bis zur Aufstellung der elektrischen Theorien der Materie. Um es zusammenzufassen, genügt es, ein paar der wunderbaren, aber leider so seltenen Fragmente anzuführen, die uns von DEMOKRIT überliefert sind. „Es gibt zwei Arten der Erkenntnis; die wirkliche und die getrübe Erkenntnis; zur getrüben Erkenntnis gehören alle Dinge des Sehens, Hörens, Riechens, Schmeckens und Tastens; die wirkliche Erkenntnis ist von dieser verschieden“. „Das Süße und das Bittere, das Warme und das Kalte, die Farbe, dies alles sind bloße Meinungen; wahr sind allein die Atome und das Leere.“

¹ A. a. O. S. 29. Wir sind im Text hinsichtlich der indischen Atomistik den Angaben MABILLEAUS gefolgt. Es scheint aber, als seien Arbeiten, die jünger sind als die von ihm benutzten geeignet, diese Angaben zu modifizieren. Die heutige indische Philologie scheint immer weniger geneigt, das Alter der Quellen hinaufzurücken; sie stellt fest, daß wir über das Indien vor der Zeit Alexanders nur sehr wenig wissen. Doch zeigen uns die ältesten Dokumente, die wir über die Jainas besitzen (sie stammen aus der Zeit ASOKAS um 250 v. Chr.), diese bereits als einen wichtigen Orden (GUERINOT, *Essai de bibliographie Jaina*, Paris 1905, S. XXVIII); und man vermutet, daß die Grundlagen ihrer Lehre von dem Gründer des Ordens, MAHAVIRA, herrühren, der am Anfang des 6. vorchristlichen Jahrhunderts gelebt haben soll (a. a. O. S. V). — Sollte nun wirklich die indische Atomistik zeitlich auf die der Griechen folgen, so würden die Beziehungen der beiden sich einfach umkehren; die von uns auf S. 87 gezogenen Schlußfolgerungen bleiben jedoch dieselben, ob man nun eine völlige Unabhängigkeit der beiden oder einen Zusammenhang zwischen ihnen annimmt. — Wir wollen auch noch feststellen, daß es nach gewissen Texten mindestens zweifelhaft erscheint, ob die Jainas Atome ohne Qualitäten angenommen haben (vgl. besonders H. JACOBI, *Eine Jaina-Dogmatik*, Zeitschrift der deutschen morgenländischen Gesellschaft, Bd. 60, Heft 2, Leipzig 1906, S. 515 ff.; WARREN, *Les idées philosophiques et religieuses des Jainas*, Annales du Musée Guimet, X, 1887, S. 361).

² MABILLEAU, a. a. O. S. 214.

„Alles, was wir an Wahrem in Hinsicht auf das Ding selbst wahrnehmen, ist verändert in bezug auf die Lage des Körpers und der Dinge, die auf uns fallen oder uns widerstehen“.¹ Die Atomistik des EPIKUR, die sich wenig von der des DEMOKRIT unterscheidet (wir sind sogar über die Natur dieser Unterschiede nicht genau orientiert)² war eine der herrschenden Philosophien des Altertums und hat in der lateinischen Welt das unvergängliche Meisterwerk des LUKREZ *De natura rerum* entstehen lassen. Die Werke HERONS von Alexandria und VITRUVS³ beweisen, daß die Physiker gewohnt waren, die atomistischen Vorstellungen zugrunde zu legen, wenn sie diese auch zuweilen mit solchen vermengten, die von den Philosophen der „Qualität“ entliehen waren. Sogar in der Medizin war eine Korpuskulartheorie sehr verbreitet; das sehen wir aus dem Buche des CAELIUS AURELIANUS,⁴ das sich großen Ansehens erfreute. Die ersten Christen zitierten gerne LUKREZ; sogar nach dem endgültigen Sieg des Christentums halten ST. AMBROSIIUS und ST. HIERONYMUS an der Physik des EPIKUR fest, während sie gleichzeitig seine Philosophie bekämpfen.⁵ Im 8. Jahrhundert bekennt sich RABANUS MAURUS zu durchaus atomistischen Ansichten, die er dem LUKREZ entnommen zu haben scheint.⁶ Um dieselbe Zeit bildet sich eine Schule von jüdischen Atomisten; wir kennen sie aus der Widerlegung, die ihnen SAADIA, ein Philosoph des XI. Jahrhunderts widmet.⁷ Die Bewegung findet im Orient ihre Fortsetzung in der arabischen Schule der MOTEKALLIM oder MOTEKALLEMIN, und MAIMONIDES, der übrigens ihre Ansichten verwarf, hat uns eine Zusammenfassung ihrer Lehren hinterlassen, die über deren wahren Charakter nicht den geringsten Zweifel läßt: „Sie behaupteten, das ganze Weltall, d. h. jeder der darin enthaltenen Körper, bestehe aus sehr kleinen Teilchen, die wegen ihrer Kleinheit nicht teilbar sind. Jedes einzelne dieser Teilchen ist absolut ohne Quantität, aber wenn sie miteinander vereinigt sind, so hat diese Gesamtheit Quantität und ist dann ein Körper . . .

¹ MULLACH, *Fragmenta philosophorum graecorum*, Paris 1860, S. 357 ff.

² MABILLEAU, a. a. O. S. 194–200, 272.

³ Vgl. LASSWITZ, *Geschichte der Atomistik*. Hamburg u. Leipzig 1890, S. 214–218.

⁴ Dasselbst S. 214.

⁵ J. PHILIPPE, *Lucrece dans la théologie chrétienne*, Paris 1895, S. 9, 11, 13.

⁶ Dasselbst S. 42 ff.

⁷ Vgl. PICAVET, *Esquisse d'une histoire des philosophies médiévales*. 2. Aufl., Paris 1907, S. 37, 163.

Alle diese Teilchen sind ähnlich und gleichen einander, und es gibt unter ihnen keinerlei Unterschiede. Es ist unmöglich, sagen sie, daß es irgendeinen Körper gebe, der nicht durch Aneinanderreihen aus diesen kleinen Teilchen zusammengesetzt sei, so daß für sie Entstehung dasselbe ist wie Vereinigung und Vernichtung dasselbe wie Trennung“.¹

Im Abendland trat die Atomistik nach RABANUS MAURUS in den Hintergrund infolge der Vorherrschaft der peripatetischen Lehren. Immerhin wissen wir durch neuere Forschungen, daß die Vergessenheit, in die sie geraten war, eine weniger vollständige war, als man bisher anzunehmen geneigt war. Es scheint, als wäre fast ununterbrochen eine deutlich atomistische Unterströmung vorhanden gewesen, von deren Vertretern wir wenig wissen, deren Bedeutung wir aber mittelbar einigermaßen an den Widerlegungen ermessen können, die ihr die großen Scholastiker wie ROGER BACON, DUNS SCOTUS, OCCAM und ALBERTUS DE SAXNOIA widmeten. Seit dem Anfang des XIV. Jahrhunderts können wir auch Namen nennen: es sind GERARD ODON und ROBERT HOLKOT, dessen Atomistik vor allem geometrischer Natur gewesen zu sein scheint, AEGIDIUS COLONNA, der im Gegenteil die unbegrenzte Teilbarkeit der geometrischen Größe zugibt, sie aber für die materielle Größe leugnet (würde man ein kleinstes Volumen Wasser weiter teilen, so würde man es in eine andere Substanz verwandeln),² endlich NICOLAUS DE AUTRICURIA,³ der übrigens nur dadurch bekannt ist, daß er 1348 in Paris gezwungen wurde, öffentlich verschiedene Lehren abzuschwören, die er vorher verkündet hatte, darunter auch die These, daß alle Naturerscheinungen sich auf die Vereinigungs- und Trennungsbewegungen der Atome zurückführen ließen. Aber erst in der Renaissance wurde die abgerissene Kette endgültig wieder angeknüpft. Nachdem sie durch GIORDANO BRUNO, FERNEL, GORLAEUS, SENNERT, SEB. BASSO, MAQUEDUS vorbereitet worden war, wurde die Atomistik des DEMOKRIT und EPIKUR in ihrer ganzen Strenge von GASSENDI neu formuliert. Unterdessen hatten GALILEI und DESCARTES die Physik umgewandelt und die aristotelischen

¹ MOISE BEN MAIMUN, *Le guide des égarés*. Franz. Übers. von MUNK, Paris 1856—66, Bd. I, S. 377.

² DUHEM, *Études sur Léonard de Vinci*, 2. Reihe, Paris 1909, S. 7 ff.

³ Vgl. LASSWITZ, a. a. O. S. 257 ff.

Vorstellungen endgültig ausgeschaltet. Beide sind Mechanisten und vor allem DESCARTES verkündet mit unvergleichlicher Gewalt und Autorität die Lehre, daß jede Erscheinung sich letzten Endes auf eine mechanische Veränderung zurückführen lassen müsse. Es wäre überflüssig, diesen geschichtlichen Rückblick noch weiter zu verfolgen. Bis gegen das Ende des XIX. Jahrhunderts haben DESCARTES' Prinzipien die Wissenschaft in der absolutesten Weise beherrscht; keinen Naturforscher von einigem Namen könnte man nennen, der bewußterweise von ihnen abgewichen wäre.

Freilich haben wir in unserem kurzen Überblick nur die großen Züge der Theorie hervorgehoben und die feineren Schattierungen vernachlässigt. Die Atomistik der Motekallemin z. B., die den Raum in Punkte und die Zeit in unteilbare Momente auflöst (was unaufhörliche Schöpfungsakte der Gottheit nötig macht), nähert sich den Vorstellungen der Inder, unterscheidet sich aber deutlich von der korpuskularen Atomistik des DEMOKRIT. Weder GALILEI noch DESCARTES sind Atomisten im eigentlichen Sinne des Wortes,¹ und unter den späteren Physikern gibt es viele, die sich zwar zur Atomistik bekennen, aber deren Prinzipien in ganz verschiedener Weise und oft ganz unstreng formulieren und die sich übrigens in der Praxis manchmal sehr weit von ihr entfernen. Nichtsdestoweniger ist es sicher, daß man alle diese Ansichten als „Mechanistik“ zusammenfassen kann, und daß das, was sie alle gemeinsam haben, recht beträchtlich ist.² Alles in allem scheint die Behauptung keinesfalls übertrieben zu sein, daß die mechanistischen Hypothesen zugleich mit der Naturwissenschaft entstanden sind und daß sie sozusagen eins mit ihr waren, solange sie wirklich fortschritt, während die Zeiten, in denen diese Hypothesen unbeachtet blieben, zugleich solche eines sehr langsamen Fortschrittes der Naturwissenschaft waren.³ Muß dieses Zusammentreffen nicht unser

¹ Wir wollen jedoch anmerken, daß CASSIRER, der in dieser Frage ein ausgezeichnetes Urteil hat, von GALILEI meint, er sei im Grunde Atomist gewesen (*Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit*. Berlin 1906—07, Bd. I, S. 298).

² Nicht nur die Philosophen und die Geschichtsschreiber der Atomistik, wie LANGE, LASSWITZ und MABILLEAU, sondern auch viele Physiker haben eine klare Vorstellung von dieser Kontinuität. Vgl. z. B. LARMOR, *Aether and Matter*, Cambridge 1900, S. 25.

³ Die von uns im Text ausgesprochene Meinung hat Gegner gefunden. Schon COMTE hatte die Verteidigung der Jahrhunderte des Mittelalters übernommen, sie sind ihm „denkwürdige Zeiten, zu unrecht als finster verschrien

Erstaunen erregen? Selbst ein so entschiedener Gegner der Mechanistik wie STALLO, der der Ansicht ist, daß sie dem Fortschritt der Wissenschaft schädlich und „ein Überbleibsel des mittelalterlichen Realismus“ sei (eine recht seltsame Ansicht, wie die vorstehenden Ausführungen lehren),¹ sieht sich doch zu dem Eingeständnis gezwungen, daß „die atomistische Theorie sich mit größerer Hartnäckigkeit erhalten hat als irgendeine andere naturwissenschaftliche oder philosophische Lehrmeinung“.²

Die Geschichtsschreiber der Atomistik haben im allgemeinen einen Zusammenhang zwischen diesen Lehren angenommen. Er ist keineswegs ausgeschlossen. Wie groß auch der Unterschied zwischen der Atomistik LEUKIPPS und DEMOKRITS einerseits und der des KANADA und der JAINAS andererseits sein mag, es kann dennoch sehr wohl sein, daß einige Samenkörner der orientalischen Ideen in die hellenische Philosophie bei ihrem Entstehen eingegangen sind.³ Die Juden sind sicher von den Griechen angeregt worden. Auch die MOTEKALLEMIN konnten von indischen Vorstellungen beeinflusst sein, ebenso auch durch jüdische Schriften

von einer metaphysischen Kritik, deren erstes Organ der Protestantismus war“ (*Cours*, V, S. 317, vgl. VI, S. 81). Wie MILHAUD (*Nouvelles études sur l'histoire de la pensée scientifique*, Paris 1911, S. 18) sehr richtig bemerkt hat, wurde COMTE durch sein Gesetz der drei Stadien genötigt, es so darzustellen, als sei die Wissenschaft der Griechen ein Nichts oder beinahe ein Nichts gewesen. Außerdem erklären sich die Ansichten COMTES in diesem wie in anderen Punkten aus dem Umstande, daß er das eigentlich wissenschaftliche Interesse anderen diesem Gebiete fremden Interessen unterordnete. — In Werken, deren Bedeutung für die Geschichte und Philosophie der Wissenschaften nicht hoch genug eingeschätzt werden kann, versucht DUHEM zu beweisen, daß unsere Wissenschaft in direkter Linie von der mittelalterlichen Wissenschaft abstammt und daß „die sogenannten Renaissance“ weiter nichts gewesen seien als „häufig ungerechte und unfruchtbare Reaktionen“. Wir glauben indessen, daß man in dieser Hinsicht weiter nichts beweisen kann, als daß die langen Jahrhunderte des Mittelalters nicht völlig unproduktiv gewesen sind und daß der Bruch in der Renaissance kein vollständiger war. Es bleibt jedoch dabei, daß der Fortschritt, der in diesen zehn Jahrhunderten erzielt worden ist, winzig ist im Vergleich zu dem der Periode der wirklichen Aktivität des griechischen Geistes und daß dieser Fortschritt in der Renaissance eine wunderbare Beschleunigung erfahren hat, so daß die moderne Wissenschaft nach einer richtigen Bemerkung MILHAUDS (*Études sur la pensée scientifique chez les Grecs et chez les modernes*, Paris 1906, S. 2) „über die Jahrhunderte der Ruhe hinweg als die natürliche Fortsetzung der griechischen Wissenschaft selbst erscheint.“ Zweifellos ist und bleibt die Renaissance das bemerkenswerteste Ereignis in der ganzen Geschichte der Wissenschaften.

¹ STALLO a. a. O. S. 114.

² Dasselbst S. 60.

³ Vgl. S. 83 Anmerkung I.

und schließlich durch die atomistischen Theorien, wie sie in gewissen medizinischen Büchern, z. B. in dem des CAELIUS AURELIANUS, enthalten waren. Die moderne Wiedergeburt der mechanistischen Theorien endlich hängt sicher mit der Erneuerung der klassischen Studien zusammen. Dennoch hat dieser perennierende Charakter der mechanistischen Ansichten etwas Merkwürdiges. Muß nicht der Boden, auf dem sie erwachsen, für sie ganz besonders geeignet sein, da doch oft winzige Samenkörner eine verschwenderische Vermehrung hervorrufen?

Schließlich erleben wir seit mehreren Jahrzehnten ein eindrucksvolles Schauspiel: Der schnelle Schritt der Wissenschaft scheint sie bis zu den Fundamenten zu erschüttern, die man für die sichersten gehalten hat. Und doch beweisen in diesem allgemeinen Umsturz gewisse Ansichten, die mit den mechanistischen oder atomistischen Theorien zusammenhängen, eine merkwürdige Festigkeit. Das fällt ganz unparteiischen Beobachtern auf. So bemerkt H. POINCARÉ, daß die Mehrzahl der Schlußfolgerungen FRESNELS, obwohl sie auf einer molekularen Hypothese beruhen, dennoch auch bei Annahme der elektromagnetischen Lichttheorie ihre Geltung behalten.¹ ÉTARD, der Zweifel an der Existenz der Atome und Moleküle zum Ausdruck bringt, hebt doch zugleich hervor, daß die Gesamtheit der neuesten Arbeiten sich ohne Schwierigkeit in den Rahmen der Ionentheorie von SVANTE ARRHENIUS einfügt, die ihrerseits nichts anderes als eine Form der kinetischen Theorie ist, so daß schließlich die allgemeine Chemie „mit der Atomtheorie im weitesten Sinne des Wortes verschmilzt“.² Sir E. RUTHERFORD erklärt in einem Überblick über die Ansichten, welche die heutige Wissenschaft beherrschen und zu deren Entwicklung er selbst so viel beigetragen hat, daß sie „die alte Theorie von der diskontinuierlichen oder atomistischen Struktur der Materie bestätigen“.³ LARMOR ist der Meinung, daß die Entwicklung der elektrischen Theorien eine beharrliche Tendenz zum Atomismus zeige,⁴ obwohl während des größten Teiles des XIX. Jahr-

¹ H. POINCARÉ, *Leçons sur la théorie mathématique de la lumière*, Paris 1889, S. III.

² A. ÉTARD, *Les nouvelles théories chimiques*, 3. Aufl., Paris, S. 8, 30, 35, 44.

³ E. RUTHERFORD, *Radio-activity*, 2. Aufl., Cambridge 1905, S. I.

⁴ LARMOR, *Aether and Matter*, Cambridge 1900, S. 25. Die Entwicklung der Wissenschaft seit der Zeit, da LARMOR diese Ansicht ausgesprochen hat, scheint ihm recht zu geben. Heute erscheint die atomistische Struktur der Elektrizität sicherlich den meisten Physikern als das feste Fundament des

hundreds die in diesem Teile der Wissenschaft herrschenden Theorien auf ganz anderen Voraussetzungen aufgebaut schienen.¹ Desgleichen stellt JEAN PERRIN fest, daß die atomistische Hypothese, die er als eine *glückliche* bezeichnet, „mehr und mehr verdient, zutreffend genannt zu werden, wie sehr man auch darüber staunen mag“.² Anlässlich einer Besprechung der Fortschritte der modernen Physik bemerkt LUCIEN POINCARÉ mit Überraschung, daß die kinetischen Hypothesen im Begriffe seien, neue Gebiete zu erobern. „Sollte denn die Geschichte der Physik gleich der Geschichte der Völker nur ein ewiges Wiederanfangen sein, und müssen wir von Zeit zu Zeit immer wieder zu den Ansichten zurückkehren, die die Philosophen seit dem Altertum ausgedacht haben? Die Fortschritte der Thermodynamik hatten doch andere Hoffnungen in uns erweckt; sie schien uns für sich allein als Führer im Lande der Physik dienen zu können und dabei nichts anderes zu benötigen als Schlüsse und Prinzipien, die auf der natürlichen Verallgemeinerung einiger experimenteller Gesetze beruhen. Werden wir denn immer wieder auf die Bilder und mechanischen Deutungen zurückkommen müssen, die der Natur ohne Zweifel so wenig angemessen sind?“³ Wie man sieht, empfindet dieser Physiker keinerlei Begeisterung über die in Frage stehenden Theorien, wodurch sein Zeugnis nur um so gewichtiger wird.

Besonders bemerkenswert an dieser neuesten Phase in der Geschichte der Atomistik ist die Tatsache, daß es sich nicht um eine einfache Rückkehr zu früheren Vorstellungen, sondern um einen echten und dabei sehr bedeutenden Fortschritt handelt. Dieser Fortschritt hat sich in zwei Richtungen vollzogen. Einerseits hat die Atomistik — endgültig, wie es scheint — das ungeheure Gebiet der elektrischen Erscheinungen erobert (das ist eine uns besonders interessierende Seite der Theorie, auf die wir sehr bald zurückzukommen Gelegenheit haben werden); andererseits hat sie aber dermaßen an Präzision gewonnen, wie es noch vor kaum einem Menschen-

ganzen theoretischen Gebäudes dieses Teiles der Wissenschaft. Vgl. J.-J. THOMSON, *Electricity and Matter*, Cambridge 1905, S. 41 ff. und Mme. CURIE, *Revue scientifique*, 17 nov. 1906, S. 609.

¹ LARMOR, a. a. O. S. 71.

² Bulletin de la Société française de philosophie, 6. Jahrg. 1906, S. 85.

³ LUCIEN POINCARÉ, *Revue annuelle de physique*. *Revue générale des sciences*, Bd. IX, 1898, S. 429.

alter dem eifrigsten Anhänger dieser Vorstellungen ganz unglaublich erschienen wäre. In der Tat war es noch vor kurzem selbstverständlich, daß, wenn man von der *Größe* und dem *Gewicht* der Moleküle sprach, die dafür angegebenen Zahlen nur relative Bedeutung haben konnten; das Wassermolekül etwa sollte 18 mal soviel wie ein Wasserstoffatom wiegen; dagegen war uns jede Spekulation über den absoluten Wert dieses Gewichtes versagt. Heute nun ist dem nicht mehr so. Durch äußerst scharfsinnige Methoden ist es den Physikern gelungen, das fragliche Gewicht wirklich zu bestimmen. Das ist dermaßen erstaunlich, daß man zunächst geneigt ist, sich zu fragen, ob die Forscher nicht in diesem Falle Opfer einer Täuschung geworden sind, ob sie nicht einer unbewußten List ihres eigenen Geistes unterlegen sind. Es genügt jedoch ein Blick auf eine Tabelle, in der die Ergebnisse dieser Untersuchungen zusammengestellt sind (wie sie z. B. kürzlich von PERRIN veröffentlicht worden ist),¹ um sich von solchen Zweifeln zu befreien. Die Ergebnisse, die man mit ganz verschiedenen und völlig voneinander unabhängigen Methoden gewonnen hat, sind nämlich nicht nur alle von derselben Größenordnung, sondern sie nähern sich in den meisten Fällen (das gilt für 6 von den 15 von PERRIN angeführten Resultaten, und zwar sind das diejenigen, die mit den sichersten Methoden gewonnen worden sind) in der erstaunlichsten Weise einem und demselben numerischen Wert: $7 \cdot 10^{23}$ für die Anzahl der in einem Grammolekül (z. B. in zwei Gramm Wasserstoff) enthaltenen Moleküle.

Wir müssen übrigens feststellen, daß diese Entwicklung der physikalischen Theorien sich nicht in stetigem Aufstieg vollzogen hat, sondern stoßweise, in einer Art vor- und rückläufigen Bewegung. Während eines Teiles des 19. Jahrhunderts wurden die atomistischen Theorien etwas vernachlässigt, sie waren wenigstens dem Anscheine nach in Mißkredit geraten. OSTWALD verkündete den „Zusammenbruch der Atomistik“,² DUHEM wollte die Wissenschaft zu einer Rückkehr zum Aristotelismus veranlassen. Es steht fest, daß heute

¹ Bulletin de la Société française de philosophie, 10. Jahrg., S. 98 (Sitzung vom 27. Januar 1910).

² OSTWALD, *La déroute de l'atomisme contemporain*, Revue générale des sciences, 1895, S. 953 ff. — Natürlich wurde die Elektronentheorie bei ihrem Auftauchen von den Energetikern als „reaktionär“ verschrien (vgl. HÖFLER, *Zur gegenwärtigen Naturphilosophie*, Berlin 1906, S. 112).

diesen beiden Denkern trotz ihres großen Ansehens nur ein ganz kleiner Teil der öffentlichen Meinung der Wissenschaft in dieser Frage Gefolgschaft leistet; im Gegenteil erfährt diese öffentliche Meinung, wie wir soeben sagten, gerade jetzt einen starken Anstoß in der Richtung der atomistischen Lehren.

Schon COURNOT hatte gefühlt, daß der Erfolg der mechanistischen Theorien tiefe Gründe haben müsse. „Kein Gedanke des Altertums“, sagt er, „hat ein günstigeres oder auch nur gleich günstiges Schicksal gehabt. Die Erfinder der atomistischen Lehre müssen entweder von vornherein den Schlüssel der Naturerscheinungen entdeckt haben, oder sie sind auf eine Vorstellung verfallen, die dem menschlichen Geist durch seine Natur unvermeidlich aufgenötigt wird“.¹

COURNOT hatte Recht; wir können die Frage jetzt schärfer formulieren, als er das getan hatte. Stellen wir zunächst einmal als wesentlichen Punkt fest: die kinetischen Theorien haben *erklärenden* Charakter. Oft verlangt unser Geist sie gebieterisch, und er ist immer befriedigt, wenn er sie als gültig erkennt oder wenn sie nur einige Aussicht haben, als gültig zu erscheinen. Oben haben wir gesehen, daß sich das aus der Praxis der Naturforscher deutlich ergibt. Darüber hinaus aber haben einige unter ihnen es ausdrücklich anerkannt. Schon LEIBNIZ stellt in einer oft angeführten Stelle etwas ironisch diesen besonderen Charakter der atomistischen Theorien fest.² Aber seine Ironie bezog sich offenbar nur auf den Begriff des Atoms. Das Prinzip dagegen, nach dem sich jeder Vorgang auf einen mechanischen müsse zurückführen lassen, wurde, wie wir gesehen haben, von LEIBNIZ ebenso bestimmt verkündet wie von DESCARTES, und mit vollkommener Klarheit hat er bemerkt, daß ihm diese Reduktion nötig erscheine, um die Erscheinungen verständlich zu machen. Sein großer Zeitgenosse HUYGENS definiert die „wahre Philosophie“ als diejenige, „in der man die Ursachen aller natürlichen Wirkungen aus mechanischen Gründen begreift“, und er fügt hinzu: „das ist meiner Ansicht nach

¹ COURNOT, *Traité de l'enchaînement des idées fondamentales dans la science et dans l'histoire*, Paris 1861, § 245.

² LEIBNIZ, Ausg. ERDMANN, S. 758: „Quand j'étois jeune garçon, je donnai aussi dans le Vuide et dans les Atomes; mais la raison me ramena; L'imagination étoit riante. On borne là ses recherches: on fixe méditation comme avec un clou; on croit avoir trouvé les premiers Elémens, un non plus ultra. Nous voudrions que la Nature n'allât pas plus loin, qu' elle fût finie, comme notre esprit . . .“

nötig, wenn man nicht auf jede Hoffnung verzichten will, jemals etwas in der Physik zu verstehen“.¹ Moderne Naturforscher haben sich womöglich noch deutlicher ausgedrückt. E. DU BOIS-REYMOND definiert an einer Stelle, die auffallend an die eben zitierte von HUYGENS erinnert, die theoretische Naturwissenschaft als „Zurückführen der Veränderungen in der Körperwelt auf Bewegungen von Atomen“ und fährt fort: „Es ist psychologische Erfahrungstatsache, daß, wo solche Auflösung gelingt, unser Kausalitätsbedürfnis vorläufig sich befriedigt fühlt.“² LORD KELVIN schreibt: „Der wahre Sinn der Frage: verstehen wir eine bestimmte Sache in der Physik oder verstehen wir sie nicht? ist der: können wir ein entsprechendes mechanisches Modell herstellen?“³ An anderer Stelle drückt er sich folgendermaßen aus: „Ich bin nie zufrieden, ehe ich nicht ein mechanisches Modell von dem Gegenstand herstellen kann; kann ich ein mechanisches Modell machen, so begreife ich; soweit ich kein solches Modell machen kann, begreife ich nicht“.⁴ MAXWELL beginnt mit der Erklärung, daß „wenn ein Vorgang sich als Beispiel eines auch auf andere Erscheinungen anwendbaren Prinzips beschreiben läßt, wir sagen, der Vorgang sei erklärt“. Das scheint, wie man sieht, mit der Ansicht von COMTE und MACH übereinzustimmen. Aber er fügt sofort hinzu: „Kann andererseits ein physikalischer Vorgang vollständig als eine Konfigurationsänderung und eine Bewegung eines materiellen Systems beschrieben werden, so wird die dynamische Erklärung dieses Vorganges als vollständig angesehen. Eine weitergehende Erklärung können wir weder als notwendig noch als wünschenswert oder nur möglich betrachten“.⁵ Offensichtlich ist für MAXWELL die Erklärung durch das Gesetz

¹ HUYGENS, *Traité de la lumière*, Leyden 1690, Kap. I, S. 5.

² E. DU BOIS-REYMOND, *Reden*, Leipzig 1886—87, Erste Folge, S. 105—106.

³ W. THOMSON, *Notes of Lectures on Molecular Dynamics* etc. Baltimore 1884, S. 132.

⁴ W. THOMSON, *Conférences scientifiques et allocutions*. Übers. v. Lugol u. Brillouin, Paris 1894, S. 299.

⁵ MAXWELL, *Scientific Papers*, Cambridge 1890, Bd. II, § 418. Vgl. auch Ders., *Theory of Heat*, 10. Aufl. London 1891, S. 308: „Wenn wir zum Begriff der bewegten Materie gelangt sind und wissen, was man unter der Energie dieser Bewegung versteht, so sind wir außerstande, noch weiterzugehen und uns vorzustellen, daß irgendeine mögliche Erweiterung unseres Wissens die Energie der Bewegung erklären oder uns von ihr ein vollständigeres Wissen verschaffen könnte, als wir schon besitzen.“

nicht so vollständig wie die durch den Mechanismus; die letztere allein erscheint als *endgültig*.

! War die Zergliederung des Kausalprinzips, die wir oben vorgenommen hatten, richtig, besteht dieses Prinzip im wesentlichen darin, daß auf den Gegenstand in der Zeit ein Postulat angewendet wird, das sich in der Gesetzeswissenschaft nur auf den Gegenstand im Raume bezieht, so können wir hier die Probe darauf machen; die atomistischen oder mechanistischen Theorien müssen wenigstens hinsichtlich ihrer wesentlichen und dauerhaften Züge aus diesem Prinzip ableitbar sein. In der Tat kann man sich davon leicht überzeugen.

Die Außenwelt, die Natur erscheint uns als unendlich wechselnd, sich unablässig in der Zeit verändernd. Dennoch fordert das Kausalprinzip das Gegenteil: wir haben das Bedürfnis zu begreifen, und wir können das nur, wenn wir Identität in der Zeit annehmen. Die Veränderung muß also eine bloß scheinbare sein, hinter ihr muß sich eine allein wirkliche Identität verbergen. Aber das scheint ein Widerspruch zu sein. Wie kann ich als identisch *auffassen*, was ich als verschieden *wahrnehme*? Dennoch gibt es einen Ausweg, ein einziges Mittel, um bis zu einem gewissen Grade das zu vereinen, was zunächst unvereinbar scheint. Ich kann annehmen, daß die Bestandteile der Dinge dieselben geblieben sind, daß aber ihre Anordnung sich geändert hat; dadurch kann ich aus den gleichen Elementen die verschiedensten Zusammensetzungen hervorbringen, so wie man mit denselben Buchstaben ein Trauerspiel und ein Lustspiel schreiben kann (das Bild stammt von ARISTOTELES).¹ So gelange ich zu der Auffassung, daß „die Erzeugung und die Zerstörung der Dinge in der Vereinigung und der Auflösung ihrer Elemente bestehen“; LEUKIPP selbst hat mit diesen Worten die Grundlagen seines Systems dargestellt; aber vor ihm hatten schon ANAXAGORAS und EMPEDOKLES Ähnliches gesagt.²

Diese Möglichkeit der Überwindung des Widerspruchs beruht offenbar auf der besonderen Natur unseres Begriffes von der Ortsveränderung. Diese ist eine Veränderung und ist doch wieder keine.

¹ ARISTOTELES, *De generatione et corruptione*, I, 2. Nach dem Zusammenhang könnte man beinahe glauben, dies Bild sei einem Atomisten entlehnt, obgleich es, wie wir später sehen werden, auch mit den peripatetischen Theorien in Einklang ist. Es findet sich übrigens bei LUKREZ wieder, Buch II, Vers 668 ff.

² ROSENBERGER, *Geschichte*, Bd. I, S. 11—12.

Hat ein Körper seinen Ort verändert, so hat er wohl eine Veränderung erfahren, dennoch erscheint er mir als mit sich selbst identisch. Das hängt, wie wir sahen, mit dem Wesen unserer Raumvorstellung selbst zusammen, wie sie nicht nur der Physik zugrunde liegt, auch wenn man diese auf den gesetzmäßigen Teil beschränkt, sondern auch der Geometrie.

Die Ortsveränderung erscheint mir daher als die einzige verständliche Veränderung; will ich also Veränderungen erklären, d. h. sie auf Identität zurückführen, so bin ich gezwungen, auf die Ortsveränderung zu rekurrieren. Hier ist ein Körper, der mir vorhin die Empfindung des Kalten hervorrief und das Volumen anderer Körper verringerte, wenn man sie ihm näherte; jetzt brennt er mich bei der Berührung und ruft im Gegenteil eine Volumvergrößerung bei den Körpern in seiner Nachbarschaft hervor. Das muß entweder daran liegen, daß sich zu der Substanz dieses Körpers eine andere gesellt hat, die unsichtbar ist, aber vorher anderwärts existierte, oder daran, daß die Bewegung der Teile des Körpers selbst sich geändert hat. Bekanntlich haben diese beiden „Erklärungen“ abwechselnd die Wissenschaft beherrscht. Die erste hat zu der Hypothese der Fluida Veranlassung gegeben, während die zweite den mechanistischen Theorien zugrunde liegt. Beide aber leiten sich von demselben Prinzip her.

Lassen wir für den Augenblick die erste Alternative beiseite; wir werden später auf sie zurückkommen. Da unsere Überlegung ganz allgemein war, so gilt, was wir für die Wärmeerscheinung festgestellt haben, für jede beliebige Erscheinung. Man wird also alle Veränderungen der Körper notgedrungen auf Umgruppierungen, Änderungen im Raum, Verschiebungen der Teile zurückführen.

Die Existenz dieser Teile, deren Ortsveränderung der wesentliche Vorgang der Wirklichkeit, der einzig wirkliche Vorgang überhaupt sein soll, habe ich mit Hilfe einer Überlegung erschlossen: es versteht sich aber von selbst, daß ich sie nicht unmittelbar wahrnehmen kann; also müssen sie sehr klein sein. Diese Teile oder Teilchen sind übrigens immer mit sich selbst identisch, ewig, unveränderlich; auch das ist eine unmittelbare Folge des Grundpostulates. Und da sie ihren Ort verändern sollen, ohne irgendeine Veränderung zu erfahren, diese Art der Ortsveränderung aber in der materiellen Welt das Vorrecht der festen Körper ist, so ergibt sich, daß die Teilchen ultrafeste

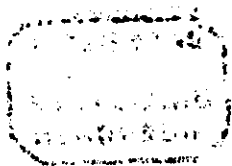
unwandelbare Körper sein müssen, die also weder zertrümmert noch sonstwie mechanisch geteilt werden können, mit einem Wort *Atome*.

Damit sind wir am Ziel unserer Deduktion; wir werden später zeigen, daß ein anderer charakteristischer Zug der atomistischen Theorien, die Annahme eines einheitlichen Grundstoffes, sich auf ähnliche Weise erklären läßt. Aber unsere Auseinandersetzung genügt, wie uns scheint, um die wahre Grundlage der „psychologischen Tatsache“ festzustellen, von der E. DU-BOIS-REYMOND spricht: die erklärende Kraft der Theorien hat ihren Sitz im wesentlichen in der Anwendung des Postulats der Identität in der Zeit. Man sieht nun auch deutlich, daß die Annahme diskreter Teilchen, welche die physikalischen Theorien beherrscht, ihre Wurzel gleichfalls in dem genannten Postulat hat. Dadurch unterscheiden sich diese Theorien von den mathematischen, in denen das Unendlichkleine, das Unteilbare stets nur vorübergehend auftritt, um sich sozusagen sofort wieder im Kontinuum aufzulösen.¹ Dieser Unterschied entspringt daraus, daß sich die reine Mathematik nicht mit der Veränderung in der Zeit befaßt. In der Physik dagegen, wo die Veränderung behandelt wird und erklärt werden soll, indessen nicht die Identität des Ganzen postuliert werden kann, ist man genötigt, Teile anzunehmen, die als unveränderlich und daher als diskrete räumlich begrenzte Individuen gedacht werden müssen.

¹ HANNEQUIN hat sich lebhaft für das Problem interessiert, das durch diesen Unterschied aufgeworfen wird, und hat einen, unserer Ansicht nach vergeblichen, Versuch gemacht, es zu lösen (a. a. O. S. 92). Er scheint ein deutliches Gefühl dafür gehabt zu haben, daß Mechanistik und Erhaltungsprinzip in den gleichen Gedankenzusammenhang gehören; aber auf Grund seiner vorgefaßten Meinung, daß das Unstetige in die Physik durch die Mathematik hineingekommen sei, hat er die Atomistik aus dem Begriff der geradlinig gleichförmigen Bewegung abgeleitet, d. h. aus dem Trägheitsprinzip (a. a. O. S. 74 ff.). Das ist aber historisch betrachtet offenbar ungereimt; denn dadurch wird die moderne Atomistik von derjenigen der Griechen, Inder, Juden und Araber gesondert. Der erste, der, wenn auch in etwas verworrenere Weise, die Atomistik aus dem Prinzip der Identität in der Zeit abgeleitet hat, war, wie wir glauben (unter den Neueren natürlich, denn einem Griechen wäre diese Ableitung ohne Zweifel nach der Darstellung des ARISTOTELES trivial erschienen), SPIR (a. a. O. S. 409—410). Die erste Auflage von *Denken und Wirklichkeit* ist 1873 erschienen. Es scheint, daß HANNEQUIN diese Ableitung nicht gekannt hat; der *Essai critique* ist 1895, ein Jahr vor dem Erscheinen der französischen Übersetzung des Werkes von SPIR herausgekommen. — Es ist äußerst interessant, daß AUGUSTE COMTE mit dem Scharfsinn, den er häufig zeigt, wo seine sozialen Vorurteile keine Rolle spielen, die Stellung der Korpuskularhypothese in der Physik mit derjenigen des Trägheitsprinzips in der Mechanik vergleicht (*Politique positive*, Bd. I. S. 520, 555).

Es leuchtet ein, daß der geistige Prozeß, den wir soeben beschrieben haben, in der Hauptsache im Unbewußten verlaufen muß. Es könnte also *a priori* als ein ziemlich vergebliches Beginnen erscheinen, bei dem einzelnen Naturforscher, sei er nun Schöpfer oder bloß Anhänger einer mechanistischen Theorie, nach den Beweggründen zu suchen, die ihn zu seiner Haltung veranlaßt haben; denn da diese Beweggründe nach unserer Annahme nicht unmittelbar zu seiner Kenntnis gelangt sein können, so hätten sie sich ihm nur unter der Bedingung enthüllen können, daß er imstande gewesen wäre, sein eigenes Denken rückschauend zu analysieren. Das aber ist eines der schwierigsten Geschäfte, zu dem der Naturforscher als solcher in keiner Weise besonders qualifiziert ist.¹ Wie wir jedoch schon früher bemerkt haben (Vorrede, S. XVI), gibt es Fälle, in denen eine Untersuchung über die Entwicklung des kollektiven Denkens bis zu einem gewissen Grade die Lücken auszufüllen vermag, die die Untersuchung des individuellen Denkens offen läßt. Für die Fruchtbarkeit dieser Methode nun glauben wir in der Frage, die uns augenblicklich beschäftigt, ein besonders schlagendes Beispiel gefunden zu haben. Es zeigt sich nämlich, daß wenigstens *einmal* in der Geschichte die Atomistik unter bekannten Bedingungen entstanden ist, und zwar sind diese Bedingungen mit bewundernswürdiger Präzision von einem Beobachter festgehalten worden, dessen Qualität wahrhaft einzigartig war: nämlich von ARISTOTELES. Die Entwicklung, die er für uns nachgezeichnet hat, ist die, aus der die Lehre des LEUKIPP und DEMOKRIT hervorgegangen ist. Der vorherrschende Charakterzug dieser Entwicklung, auf den ARISTOTELES den meisten Nachdruck legt, ist in der Tatsache zu suchen, daß diese atomistische Ansicht aus der Lehre der Eleaten hervorgegangen ist, die das Sein als Eines, beharrend und unbeweglich vorstellten; diese Lehre war zwar in sich widerspruchsfrei, stand aber in Widerstreit mit den durch die Sinne bezeugten Tatsachen; denn die Sinne zeigen uns Erzeugung und Vernichtung, Bewegung und Vielheit der Wesen. Um die Wirklichkeit dieser Erscheinungen zu retten, nimmt LEUKIPP im Gegensatz zu den Eleaten an, daß das Sein nicht Eines, sondern aus einer unendlichen Anzahl von Elementen zusammengesetzt ist, die wegen ihrer außerordentlichen Winzigkeit unsichtbar sind. ZELLER, der auf die große Wichtigkeit dieser Darstellung des

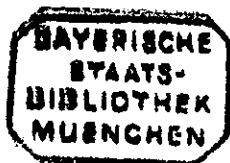
¹ Vgl. unten Kap. 12, S. 409—410.



ARISTOTELES hinweist, faßt ihr Ergebnis folgendermaßen zusammen: „Die atomistische Lehre über das Seiende unterscheidet sich in allen diesen Beziehungen nur dadurch von der eleatischen, daß sie das auf die vielen Einzelsubstanzen überträgt, was PARMENIDES von der *einen* allgemeinen Substanz oder dem Weltganzen gesagt hatte“.¹ Es erscheint uns unnötig, hervorzuheben, wie sehr die Entstehung der atomistischen Theorie, wie ARISTOTELES sie beschreibt, die von uns versuchte Ableitung bestätigt.

Die Tatsache, daß das Prinzip der Identität in der Zeit einen integrierenden Bestandteil unserer Vernunft bildet, erklärt die Spontanität, mit der diese Theorien auftauchen und die erstaunliche Leichtigkeit, mit der sie sich entwickeln. Wir verstehen auch, daß es in der Wissenschaft nicht *eine* Atomlehre, sondern eine Vielheit von solchen gibt, denen zwar allen gewisse Grundzüge gemeinsam sind, die aber im übrigen wenig miteinander übereinstimmen und einander sogar häufig widersprechen. Das kommt daher, daß es mehr oder weniger voneinander unabhängige Ansichten sind, die unter dem Einfluß ein und derselben Tendenz bei der Untersuchung einer bestimmten Gruppe von Erscheinungen entstanden sind; es sind nicht

¹ ZELLER, *Die Philosophie der Griechen*, I, 4, S. 775 f. Bei dem ganz besonderen Interesse, das diese Beweisführung bietet, dürfte es angebracht sein, die betreffenden Stellen aus ARISTOTELES dem Leser selbst zu unterbreiten (*De generatione et corruptione*, I, 8): „Leukippos und Demokritos haben hier besser als irgend jemand den wahren Weg gewiesen und alles mit einem Wort erklärt, indem sie den von der Natur angegebenen Ausgangspunkt wählten. Einige alte Denker haben nämlich geglaubt, daß das Sein notwendig Eines und unbeweglich sei. Nach ihrer Ansicht gibt es das Leere nicht und es kann im Weltall keine Bewegung geben, da es kein von den Dingen getrenntes Leeres gibt. Sie fügen hinzu, daß es ebensowenig eine Vielheit geben könnte, sintemalen es kein Leeres gibt, das die Dinge teilt und voneinander isoliert . . . Was Leukippos betrifft, so glaubte er sich im Besitze von Theorien, die mit den durch die Sinne bezeugten Tatsachen in Einklang stünden und, nach seiner Ansicht, weder die Erzeugung noch die Vernichtung, weder die Bewegung noch die Vielheit der Wesen unmöglich erscheinen lassen. Aber nach diesem Zugeständnis an die Realität der Erscheinungen macht er deren andere an die, welche die Einheit des Seins unter dem Vorwande annehmen, daß ohne das Leere keine Bewegung möglich sei, und er räumt ein, daß das Leere das Nichtseiende und das Nichtseiende nichts Seiendes ist. So ist bei ihm das eigentliche Sein äußerst zahlreich; das so verstandene Sein kann nicht Eines sein, weit davon entfernt sind diese Elemente vielmehr in unendlicher Zahl vorhanden und sind nur wegen der äußersten Kleinheit ihres Volumens unsichtbar.“ Im Interesse größerer Klarheit haben wir es vorgezogen, diese Stelle im Text zusammenzufassen; wir haben alles ausgelassen, was sich auf die Frage des Leeren und Vollen bezieht, für die sich ARISTOTELES bekanntlich speziell interessierte, die aber den Leser an dieser Stelle eher verwirren würde (vgl.



etwa, wie man meinen könnte, Ableitungen aus einer einzigen Theorie. Wenn so häufig Naturforscher und sogar zuweilen Philosophen zwischen der Atomtheorie einer speziellen Wissenschaft, die angeblich eine „experimentelle Wahrheit“ ist, und der allgemeinen Atomistik unterscheiden, die sie als hypothetisch ansehen,¹ oder wenn gar die Gesamtheit der modernen Atomtheorien denen der Alten gegenübergestellt wird,² so beruht diese Unterscheidung auf einer Täuschung, die aus derselben Quelle entspringt wie die vorherangeführten Irrtümer. Man kann aber leicht einsehen, daß alle diese Lehren zusammenhängen und daß zwischen ihnen eine echte Gemeinschaft der Grundlage besteht. Diese Gemeinsamkeit besteht trotz der auf den ersten Blick vorhandenen fundamentalen Verschiedenheit des Ausgangspunktes. Was könnte der Korpuskel des LUKREZ, GASSENDI oder BOYLE unähnlicher sein als das Punktatomboskovichs oder das Elektron der heutigen Theorien? Und doch fühlen wir instinktiv, daß die Elemente, die diesen Vorstellungen gemeinsam sind, bei weitem die unterscheidenden Merkmale überwiegen. Es sind eben alles „Atomtheorien“, und wir können ihre Gesamtheit denken, ohne die Natur des Atoms näher zu bestimmen; tatsächlich haben häufig Physiker Atomtheorien aufgestellt, ohne sie in dieser Hinsicht näher zu präzisieren.

Als begeisterte Anhänger einer speziellen Form der Atomistik haben Naturforscher und Philosophen sich oft unendliche Mühe gegeben, um das zu begründen, was ihnen als wesentliche Grundlage gerade ihrer Theorie erschien. Sie haben zu beweisen versucht, daß ihre Vorstellung vom Atom logisch sei und (was unendlich viel leichter war) daß die gegnerische Vorstellung unheilbare Wider-

über diese Seite der eleatischen Lehre unten, Kap. VII, S. 241, 265). Bei dem Übrigen jedoch haben wir uns bemüht, nur die eigenen Ausdrücke des ARISTOTELES zu gebrauchen. Wenn wir sagen, daß LEUKIPP die Wirklichkeit der Erscheinungen „retten“ wollte, so entnehmen wir diesen Ausdruck (der dem Gedanken des ARISTOTELES sicherlich sehr angemessen ist) der Zellerschen Analyse (a. a. O. S. 768). — Nach ZELLER haben HERMANN COHEN (*Logik der reinen Erkenntnis*, Berlin 1902, S. 29; vgl. auch a. a. O. S. 40, 187, 272) sowie CASSIRER (*Das Erkenntnisproblem*, Berlin 1906, Bd. I, S. 31) von diesem Zusammenhang des griechischen Atomismus gesprochen.

¹ Besonders die Chemiker neigen zu dieser Täuschung. Vgl. z. B. SCHÜTZENBERGER, *Traité de chimie générale*, Paris 1880, Bd. I, S. VII.

² Vgl. oben S. 82. — HIRN, *Conséquences philosophiques et métaphysiques de la Thermodynamique*, Paris 1868, S. 209: „L'existence de l'atome matériel fini et indivisible est aujourd'hui un fait aussi bien démontré qu'aucun de ceux que l'homme de science accepte pour ainsi dire comme des axiomes.“

sprüche berge.¹ Ein andermal hat man die Grundlagen der Theorie durch eine psychologische Analyse herauszuarbeiten versucht, die die sinnlichen Elemente aufdecken sollte, welche bei der Bildung der nicht weiter reduzierbaren Grundbegriffe der Theorie (wie „Atom“ und „Kraft“) zusammenwirken.² Sicher suchen wir unsere Theorie so wenig unlogisch wie möglich zu machen. Andererseits ist nicht zu leugnen, daß die Vorstellung des Korpuskularatoms auf unseren Tastsinn zurückgeht, ebenso wie die des dynamischen Atoms aus der Empfindung der Kraftanstrengung hervorgeht. In einem späteren Kapitel werden wir versuchen den Weg genauer darzustellen, auf dem diese Vorstellungen in die Wissenschaft eingehen. Aber es liegt auf der Hand, daß weder dem logischen noch dem psychologischen Faktor im entferntesten die Bedeutung zukommt, die man ihnen beilegen möchte. Die erklärende Kraft der Theorien beruht einzig und allein, das sagen wir noch einmal, auf dem Prinzip der Identität in der Zeit, das sie zur Geltung bringen wollen; m. a. W. sie beruht darauf, daß die Existenz von etwas Beharrlichem behauptet wird, wobei die innere Natur dieses Beharrlichen erst in zweiter Linie in Betracht kommt. Nach dem logischen System werden die Atomtheorien durch Überlegungen begründet, die man etwa folgendermaßen zusammenfassen kann: die Vorgänge, die wir beobachten, erscheinen uns mit einer einzigen Ausnahme unerklärlich; sei diese Ausnahme der Stoß zweier Körper! Dieser letztere ist völlig klar und verständlich; gelingt es uns, alle anderen Vorgänge auf ihn als Grunderscheinung zurückzuführen, so ist alles erklärt. Nun haben wir aber bereits gesehen, daß diese Überlegung schon in ihrem Ausgangspunkt fehlerhaft ist; niemand hat jemals den Stoß zweier Körper *verstanden*, und niemals wird ihn jemand verstehen, ebensowenig übrigens wie die Fernwirkung. Vielleicht wendet man im Sinne des psychologischen Systems ein, daß man aber doch die *Illusion* des Verstehens habe. Das ist zweifellos richtig; aber wie entsteht diese so leicht zu durchschau-

¹ „Chacune de ces sectes, quand elle ne fait qu'attaquer, triomphe, ruine, terrasse; mais à son tour elle est terrassée et abymée quand elle se tient sur la défensive.“ BAYLE, *Dictionnaire*, Amsterdam 1734, Bd. V, Artikel *Zénon*, Anmerkung G, S. 599.

² Ein sehr bemerkenswerter Versuch in dieser Richtung ist der von KOZŁOWSKI, *Psychologiczne źródła etc.* Warschau 1899, S. 51, 68, *Szkice filozoficzne*, Warschau 1900, S. 86, *Zasady przyrodoznawstwa*, Warschau 1903, S. 95, 245 ff., 287.

ende Illusion, die manche Philosophen so klar gekennzeichnet haben? Wie kommt es, daß sie sich mit solcher Hartnäckigkeit erhält, daß sie unseren wissenschaftlichen Ansichten als Grundlage dienen kann und daß uns diese Ansicht in so hohem Grade befriedigt? Kehren wir das Verhältnis um, und das Rätsel erklärt sich! Nicht weil wir die Korpuskel verstehen, wählen wir sie als Ausgangspunkt. Was wir verlangen, ist die Beharrlichkeit von irgend etwas. Aber unter den Dingen, deren Beharrlichkeit wir postulieren können, ist das am wenigsten Unverständliche, das, was unserer Empfindung, oder vielmehr dem gemeinen Menschenverstande am nächsten liegt, der die Außenwelt schafft —, die materielle Korpuskel. Von ihr werden wir also ausgehen. Sie ist im Grunde unverständlich, wendet man ein? Zugegeben, aber kann man uns einen besser gesicherten Ausgangspunkt angeben? Wenn nicht, nun so werden wir uns an jenen halten; denn auf jeden Fall brauchen wir etwas, das bestehen bleibt; wir werden uns nicht um die in ihr verborgenen Rätsel und Widersprüche kümmern und versuchen mit ihrer Hilfe die Sinnenwelt zu erklären. Erst wenn dieser Versuch scheitert, werden wir daran denken, den Ausgangspunkt zu wechseln; wir ersetzen dann die Korpuskel durch ein Kraftzentrum oder durch ein Atom, das zugleich Korpuskel und Kraftzentrum ist, — Vorstellungen, die noch unverständlicher sind als die der Korpuskel selbst, deren Widersprüche uns aber ebenso wenig abschrecken werden.

Hätte es noch eines direkteren Beweises dafür bedurft, daß der unbewußte logische Prozeß, durch den die Atomtheorien entstehen, in dieser Weise verläuft, so würde er uns durch die Gesamtheit der Ansichten geliefert werden, die man als „elektrische“ oder „Elektronen“-Theorie der Materie bezeichnet und die sich an den berühmten Namen Sir J. THOMSON knüpfen.* Man kann ohne Übertreibung sagen, daß diese Theorie heute triumphiert, daß sie das ganze Reich der Physik beherrscht; vielleicht noch niemals in der Geschichte der Wissenschaften ist eine Auffassung von derartiger Allgemeinheit so rasch zu einer solchen Vorherrschaft gelangt. Beeilen wir uns anzuerkennen, daß die Theorie durch ihre wesentlichen Vorzüge diese hohe Bewunderung erklärt und rechtfertigt.

* Der Verfasser macht hier eine Anspielung auf den Aufschwung, den die von LORENTZ begründete Elektronentheorie Anfang des Jahrhunderts, nicht zum wenigsten dank den Arbeiten von J. J. THOMSON über die Leitung der Elektrizität in Gasen, genommen hatte. Ltn.

Sie ist von wunderbarer Allgemeinheit und dringt nicht nur in der Elektrizitätslehre und Optik (die ja seit MAXWELL und HERTZ unlöslich miteinander verknüpft sind) bis zum Grunde der Erscheinungen vor, sondern leistet dasselbe auch in allen anderen Zweigen der Physik und auch der Chemie; hier scheint sie endlich das alte Prinzip der Einheit der Materie zu etablieren, das ja das „geheime Postulat“ der Atomtheorie war, obwohl die Chemiker, die vorgaben, dieser Theorie anzuhängen, dies Prinzip in jedem Augenblick verleugneten.¹ Auch erklärt sie ohne besondere Anstrengung die geheimnisvolle Erscheinung der radioaktiven Substanzen, die zuerst die fundamentalsten Vorstellungen der Wissenschaft umzustürzen drohten. Endlich ist die Theorie in erstaunlichem Grade konkret, obwohl sie gleichzeitig sehr allgemein und abstrakt ist; löst sie doch das, was den tiefsten Grund unserer sinnlichen Vorstellung bildet: *die Materie*, in Bestandteile auf, die nichts Materielles mehr an sich haben. In der Tat, dieses letzte Element, diesen Bestandteil des Atoms, dessen Größe sich zu der des Atoms etwa so verhält wie ein Planet zum ganzen Sonnensystem, dieses geheimnisvolle Elektron kann man bei ihr, man möchte beinahe sagen, mit Händen greifen. WILSONS Beobachtung erlaubt uns, es in dem Augenblick zu fassen, in dem es einem winzigen Wassertröpfchen als Kondensationskern dient. Bekanntlich hat Sir J. THOMSON auf die Ergebnisse dieses Versuches die Stokessche Formel angewandt, welche die Beziehung zwischen dem Durchmesser kleiner Kugeln und ihrer Fallgeschwindigkeit in Luft angibt, und hat auf diese Weise die elektrische Elementarladung gemessen, die wir Elektron nennen; dabei fand er ihre Größe identisch für chemisch verschiedene Gase.²

Wir haben schon kurz einige charakteristische Züge der Theorie angegeben. Wir wollen jetzt ihren Hauptinhalt entwickeln, wobei wir der meisterhaften Darstellung Sir J. THOMSONS folgen.

Das einfachste Wesen, das die Wissenschaft bis jetzt gekannt hatte, das Atom der Chemie, wird in der neuen Theorie als ein sehr komplizierter Bau aufgefaßt. PROUT hat geglaubt, daß die Atome aller chemischen Elemente aus Wasserstoffatomen zusammengesetzt seien, J.-B. DUMAS hat die Möglichkeit ins Auge gefaßt, sie

¹ Vgl. unten S. 244 ff.

² J.-J. THOMSON, *Electricity and Matter*, New-York 1904, S. 74 ff.

aus halben oder viertel Wasserstoffatomen aufzubauen; die neue Theorie nimmt eine Einheit an, die ungefähr $\frac{1}{700}$ eines Wasserstoffatoms entspricht. Was wir ein Atom nennen, wird eine Art Nebelwolke ohne Zentralkörper, die aus einer großen Anzahl gleichartiger Körper zusammengesetzt ist, die Trägheit besitzen und gegenseitigen elektrischen Anziehungs- und Abstoßungskräften von beträchtlicher Größe unterworfen sind.¹ Die Theoretiker behandeln diese Nebelwolke nach den Methoden der Himmelsmechanik, indem sie die Keplerschen Gesetze anwenden und Störungen berechnen.² Die chemischen Atome unterscheiden sich voneinander durch die Anzahl dieser „Korpuskeln“, aus denen (nach der Bezeichnungsweise THOMSONS) sie zusammengesetzt sind, vor allem aber durch deren Anordnung; und man sieht, wie Sir J. THOMSON durch einen genialen Gedanken, bei dem er einen Versuch MAYERS über die spontane Anordnung von kleinen im Wasser schwimmenden Magneten benutzt, zu einer Erklärung der periodischen Eigenschaften der Elemente gelangt; diese sollen nämlich darauf beruhen, daß mit wachsendem Atomgewicht von Zeit zu Zeit immer wieder ähnliche Anordnungen auftreten.³

Was ist aber dieses Grundelement, diese *Korpuskel*, aus der das chemische Atom und damit alles das besteht, was der gemeine Menschenverstand als Materie ansieht? Es ist nach THOMSON ein elektrisches Elementarquantum.⁴ So wird also die Materie zu einer elektrischen Erscheinung. Vielleicht werden wir die Konsequenzen, zu denen diese Ansicht führt, deutlicher erfassen, wenn wir zusehen, was hier aus dem Begriff der Masse wird. Die Atomtheorie im allgemeinsten Sinne genommen (ausgenommen natürlich die zugleich atomistischen und qualitativen Theorien, mit denen wir uns später zu beschäftigen haben werden) beraubt das Atom aller Qualitäten mit

¹ Sir OLIVER LODGE, *On Electrons*, zit. n. d. franz. Übers. Paris 1906. S. 159. [Es erscheint angebracht, an dieser Stelle auf die an die Namen RUTHERFORD, BOHR, HEISENBERG, DE BROGLIE und SCHRÖDINGER anknüpfenden neueren Wandlungen dieser Vorstellungen hinzuweisen. Nähere Angaben finden sich in jedem der zahlreichen Bücher über die Quantentheorie. Man vergleiche vor allem das Standardwerk von SOMMERFELD, *Atom- und Spektrallinien*, 4. Aufl., Braunschweig 1924; *Wellenmechanischer Ergänzungsband*, Braunschweig 1929. Siehe auch die in dem Planck-Heft der Naturwissenschaften (Bd. 17, 1929, S. 481–529) zusammengefaßten Aufsätze. Ltn.]

² Daselbst S. 90, 95.

³ J.-J. THOMSON, a. a. O. S. 114 ff.

⁴ Daselbst S. 87.

Ausnahme der Fähigkeit, sich zu bewegen und, sei es durch Berührung, sei es durch Fernwirkung, Bewegung hervorzurufen. Die an zweiter Stelle genannte wesentliche Eigenschaft nennen wir Masse, so daß also die Masse das Wesen des Materiellen im allgemeinen ausmacht.¹ Will demnach die neue Theorie die Materie durch die Elektrizität erklären, so muß sie vor allen Dingen die Masse als elektrische Erscheinung auffassen. Zu dieser kühnen Hypothese ist man nur sehr schrittweise vorgedrungen. Zuerst hat man erkannt, daß die Elektrizität Erscheinungen hervorrufen kann, durch welche die Masse der Körper scheinbar vergrößert wird. Man nennt diese scheinbare Trägheit, die der Körper vermöge seiner elektrischen Ladung zeigt, „elektrische Trägheit“, um sie dadurch von der eigentlichen Trägheit zu unterscheiden, die er vermöge seiner mechanischen Masse besaß; übrigens sind die Wirkungen dieser beiden Arten von Trägheit wenigstens dem äußeren Anscheine nach durchaus die gleichen: „ein sich bewogender geladener Körper zeigt durchaus die uns vertraute Erscheinung der Trägheit einer gewöhnlichen Masse“.² Später sah man, daß das, was man zunächst als Nebenerscheinung angesehen hatte, sehr wohl die Hauptsache sein konnte, man berechnete aus den sehr genauen experimentellen Ergebnissen die elektrische Trägheit des Elementarquantums und fand, daß sie die mechanische Trägheit weit überwiegen mußte. Schließlich zeigte sich, daß für die letzteresozusagen kein Platz mehr blieb, daß die ganze in Erscheinung tretende Trägheit des Elements elektrischen Ursprungs sein konnte. Von da bis zu der Behauptung, daß sie es sein *müsse*, war nur noch ein Schritt, und der wurde leicht getan. So wurde in einem allmählichen Entwicklungsprozeß das mechanische Element sozusagen von dem elektrischen aufgesogen. Das mechanische Atom löst sich in *Korpuskeln* auf, die rein elektrische Erscheinungen sind und gar keine mechanische Masse, d. h. überhaupt nichts Materielles mehr besitzen. Diese Annahme stellt offenbar den Hauptzug der Theorie dar, weshalb auch der KAUFFMANNsche Versuch, aus dem sie entspringt, wirklich nach einem Ausdruck H. POINCARÉ's³ den „Angelpunkt“ des ganzen Systems bildet.

¹ Vgl. unten S. 186. ff.

² LODGE, a. a. O. S. 14.

³ H. POINCARÉ, *Science et méthode*, Paris 1908, S. 271.

Wir haben in dieser Zusammenfassung die Theorie vielleicht absoluter dargestellt, als sie von vielen Physikern aufgefaßt wird; zuweilen drückt man sich so aus, als nähme man an, daß es *hinter* dem elektrischen Vorgang noch einen mechanischen gibt; m. a. W. man tut so, als müsse man, nach Zurückführung des scheinbar mechanischen Vorgangs auf einen elektrischen, diesen seinerseits wieder auf einen noch tiefer liegenden mechanischen zurückführen, was offenbar wenig folgerichtig erscheint. Nicht allein Lord KELVIN, den man als einen verspäteten Anhänger der alten Auffassung betrachten könnte, redet so; in den Schriften der Begründer und der entschiedensten Anhänger der neuen Lehre könnte man mit Leichtigkeit eine ganze Anzahl von Stellen finden, die eine solche Ansicht implizite enthalten. Das liegt aber, wie es scheint, vor allem an der Neuheit der Theorie; man muß ihr Zeit lassen, sich zu konsolidieren, damit die, die mit ihr umgehen, sich erst ganz auf die neue Art zu denken, einstellen und ihre Konsequenzen klar erfassen. Immerhin kann man nicht bestreiten, daß die Grundlagen der neuen Ansichten mit genügender Deutlichkeit definiert sind: die elektrische Erscheinung soll in der Tat dazu dienen, daß alle anderen auf sie zurückgeführt werden. Wie LANGEVIN in seiner Vorrede zu der französischen Übersetzung von LODGES Buch „*On Electrons*“¹ bemerkt, sind die scharfsinnigen mechanischen Konstruktionen, die ein vorhergehendes Werk des berühmten Physikers füllten, sehr charakteristischer Weise in dem jüngeren Werk gänzlich verschwunden.

Das Grundphänomen ist also jetzt nicht mehr der Stoß zweier Korpuskeln, noch die Wechselwirkung zweier mechanischer Kraftzentren, sondern es ist die Wirkung, die zwei Elektronen aufeinander ausüben. Die Gesetze dieser Wirkung, die experimentell erforscht sind, kennen wir sehr gut; wer aber könnte behaupten, daß er verstände, wie diese Wirkung sich abspielt, daß er ihren Mechanismus begriffe? Um das zu ermöglichen, müßte man, wie schon der eben benutzte Ausdruck andeutet, eine mechanische Theorie von ihr liefern; nun aber versagt man uns die Hoffnung darauf, da ja die elektrische Erscheinung etwas *Letztes* sein soll. So ist also sogar die Illusion des Begreifens verschwunden, welche die Korpuskularhypothese und, in geringerem Grade, auch die dynamische Hypothese

¹ LODGE, a. a. O. S. 10.

in uns erweckt hatte. Was man in der elektrischen Hypothese als Grundphänomen setzt, ist ein X, eine absolut unerklärte Erscheinung, die man sogar dadurch, daß man sie als letztes Glied der Reduktion hinstellt, für unerklärbar ausgibt. Und auf dieses X, dieses Unerklärbare, sollen die Erscheinungen zurückgeführt werden, die wir zu verstehen glaubten. Wenn wir die Wechselwirkung zweier Massen sahen, so glaubten wir den Vorgang erfassen zu können; das war freilich eine Täuschung, denn, wie wir sahen, ist in Wirklichkeit weder der Stoß noch die Fernwirkung erklärbar. Jetzt aber können wir nicht einmal mehr diese Täuschung aufrecht erhalten; denn die mechanische Wirkung, die wir zu sehen glaubten, ist nur Schein; die mechanische Masse als solche existiert nicht, sie ist lediglich eine Funktion der elektrischen Masse. Ebenso klar ist es, daß das Elektron nichts mit unserer Empfindung zu tun hat. Wir haben kein spezifisches Sinnesorgan für diese Form der Energie — woraus sich übrigens erklärt, daß sie uns so lange unbekannt geblieben ist — und wir müssen große Umwege machen, um diese Erscheinungen in der Sprache des gemeinen Menschenverstandes zu beschreiben.¹

Es ist hier nicht unsere Aufgabe, die Vorzüge zu prüfen, die vom experimentellen Standpunkt aus die elektrische Theorie besitzt. Bereits jetzt hat sie sich als ungemein nützlich erwiesen, und es ist ziemlich sicher, daß sie imstande ist, in der Zukunft noch weit größere Dienste zu leisten. Aber die Tatsache, daß eine solche Theorie auftauchen konnte, daß sie sofort mit dem größten Wohlwollen aufgenommen wurde und daß sie in ganz kurzer Zeit die Herrschaft über die ganze Wissenschaft an sich gerissen hat, beweist deutlich, daß weder die logische, noch die psychologische Grundlage, die man gewöhnlich den Theorien zuschreibt (S. 99), bei ihrer Entstehung eine wirklich wichtige Rolle spielen. Nicht von da jedenfalls erhalten die Hypothesen ihre erklärende Kraft, sondern fast ausschließlich aus Überlegungen, die den Raum und die Zeit betreffen, in erster Linie aus der Aufrechterhaltung der Identität in der Zeit. Irgend etwas muß, sagten wir, bestehen bleiben; die Frage, was dieses Beständige ist, bleibt dabei verhältnismäßig nebensächlich. Unser Geist ist sich der Schwierigkeit der kausalen Erklärung bewußt (unbewußterweise bewußt, wenn dieser paradoxe Ausdruck ge-

¹ Vgl. weiter unten, S. 389 ff.

stattet ist) und resigniert sozusagen von vornherein in dieser Hinsicht; wird nur sein Streben nach etwas in der Zeit Beharrlichem befriedigt, so ist er bereit, für diesen Zweck irgend etwas, sei es auch etwas Unerklärtes und durchaus Unerklärbares hinzunehmen.]

Zugleich überzeugt man sich, daß es angesichts eines solchen ewigen und unüberwindlichen Triebes des menschlichen Geistes zwecklos wäre, ihm künstliche Schranken aufzurichten. Die Wissenschaft könnte, selbst wenn sie wollte, sich nicht ganz von den kinetischen Theorien los machen; denn diese sind der Ausdruck für eine notwendige Form unseres Verstandes.

Angenommen übrigens, eine solche Ausschaltung wäre möglich, so würde das, was dabei von der Wissenschaft übrig bliebe, dem von COMTE und MACH entworfenen Programm keineswegs besser entsprechen. Bei unseren vorangehenden Erörterungen haben wir uns zuweilen so ausgedrückt, als gäbe es wirklich einen Teil der Wissenschaft, der rein aus dem Prinzip der Gesetzlichkeit fließt; aber das war reine Fiktion. In Wirklichkeit wird die Wissenschaft auch dort, wo sie anscheinend nur von Gesetzmäßigkeiten handelt, aufs tiefste von dem Streben nach Kausalität beeinflußt. Das wollen wir jetzt beweisen.

Es kommen in der Wissenschaft gewisse Aussagen vor, deren Natur nicht ganz eindeutig ist. Man bezeichnet sie bald als Prinzipie, bald als Gesetze; die einen halten sie für empirischen Ursprungs, während die anderen in ihnen Erkenntnisse *a priori* sehen.

Manchmal gestehen die Naturforscher ihre Verlegenheit ein. „In der Meinung vieler Physiker“, sagt HERTZ „erscheint es einfach undenkbar, daß auch die späteste Erfahrung an den feststehenden Grundsätzen der Mechanik noch etwas zu ändern finden könne. Und doch kann das, was aus Erfahrung stammt, durch Erfahrung wieder vernichtet werden“.¹ Die Dunkelheit, die sich durch diesen Mangel an Eindeutigkeit über die ganzen Grundlagen der Mechanik verbreitet, war der Hauptgrund, der KIRCHHOFF veranlaßte, die Aufgabe dieser Wissenschaft auf die einfache Beschreibung der Bewegungen zu beschränken.¹ Und obwohl richtigere Ansichten, wie wir in der Folge sehen werden, schon seit sehr langer Zeit

¹ HEINRICH HERTZ, *Die Prinzipien der Mechanik. Ges. Werke*, Bd. III, Leipzig 1894, S. 11.

ausgesprochen worden sind, so scheinen sie doch bis zum heutigen Tage keine Geltung erlangt zu haben.

Man kann die Aussagen, von denen wir sprechen, unter der gemeinsamen Bezeichnung der Prinzipie der Konstanz oder der Erhaltung zusammenfassen; es handelt sich um die Erhaltung der Geschwindigkeit oder das Trägheitsprinzip, die Erhaltung der Masse und die Erhaltung der Energie. Wie man sieht, gehören diese Prinzipie oder Gesetze zu den umfassendsten und wichtigsten Verallgemeinerungen, zu denen der menschliche Geist bis heute gelangt ist. Wir werden zeigen, daß bei ihrer Entstehung das Suchen nach dem in der Zeit Identischen eine Hauptrolle gespielt hat und daß dieser Ursprung sich in der Natur und der Tragweite dieser Sätze wieder spiegelt.

¹ KIRCHHOFF, *Vorlesungen über mathematische Physik*, 3. Aufl., Leipzig 1883—1891, Bd. I, Vorrede.

Man vergleiche hierzu die Bemerkungen der Fußnote * auf S. 42.

DRITTES KAPITEL

Das Trägheitsprinzip

Es ist zuweilen behauptet worden, daß dieses Prinzip im Altertum bekannt gewesen sei.¹ Verfolgt man die Darstellung eines der griechischen atomistischen Systeme, etwa diejenige des Demokritischen, an Hand der Widerlegungen des ARISTOTELES oder die des Epikureischen in *De natura rerum*, so kommt, soviel steht fest, ein moderner Leser beinahe unvermeidlich zu der Ansicht, daß diese Philosophen implizite die Trägheit postuliert hätten. Dennoch glauben wir nicht, daß dies der Fall gewesen ist. Nirgends, weder bei einem atomistischen Philosophen, noch sonst bei einem alten Schriftsteller findet sich eine Anspielung, die darauf deutete, daß man an eine unbegrenzte geradlinige Bewegung geglaubt hätte, die auf Grund eines einmaligen Anstoßes und ohne fortdauernde Wirkung einer Kraft erfolgen könnte. Wahrscheinlich hätte ein antiker Atomist auf die Frage nach dem Grunde der andauernden Bewegung der Teilchen geantwortet, daß sie fallen oder sich vermöge einer ihnen innewohnenden Kraft bewegen: das sieht man deutlich bei LUKREZ, und DEMOKRIT scheint derselben Ansicht gewesen zu sein.² Höchstens hätte er noch das Beispiel einer bekannten fortdauernden Bewegung wie der des Kreisels oder der schwingenden Saite angeführt,³ nicht

¹ Das scheint besonders PAUL TANNERY'S Ansicht zu sein, *Galilée et les principes de la dynamique*. Revue générale des sciences, Bd. XII, 1901, S. 333. Vgl. auch RENÉ BERTHELOT, Bibliothèque du Congrès de philosophie de 1900, Bd. IV, S. 99.

² Vgl. MABILLEAU, a. a. O. S. 210—211. MABILLEAU hat sicher recht mit der Annahme, daß die von ihm übersetzte Stelle des ARISTOTELES (*Metaphysik* XII, 6, 1071), an der von der natürlichen Bewegung der Atome die Rede ist, ein Zitat aus DEMOKRIT darstellt. Die Fortsetzung: „es gibt eigentlich weder Ursache noch Grund dessen, was ewig besteht“, drückt eine Ansicht des Atomisten aus, gegen die ARISTOTELES dauernd Einspruch erhoben hat. Vgl. auch *De generatione animalium*, II, 6.

³ DIOGENES LAERTIUS (*De vitis philosophorum*, zitiert nach der franz. Übers. v. ZÉVORT, Paris 1847, Bd. II, S. 212) behauptet ausdrücklich, daß DEMOKRIT erklärt habe, die Atome würden in einer Kreisbewegung durch das Weltall geführt. — Bezüglich der Kenntnis von der Rotationsbewegung bei den Alten vgl. weiter unten, S. 111.

aber die Bewegung des geworfenen Körpers, weil ihm diese ohne Zweifel als eine Bewegung nach einem Ziel erschienen wäre, die also notwendig begrenzt ist. Wäre dem anders gewesen, so hätte ARISTOTELES das bei der Darstellung seiner Theorie von der natürlichen Kreisbewegung der Himmelskörper erwähnen müssen; es ist ja bekannt genug, wie große Mühe er sich stets gibt, die Meinungen der Atomisten zu widerlegen. Nun scheint aber seine Darstellung im Gegenteil zu beweisen, daß er in diesem Punkte keinerlei gegnerische Ansicht zu bekämpfen hatte.¹ Man könnte einwenden, daß dieses Argument nicht ganz beweiskräftig hinsichtlich der irdischen Körper sei: die Bewegung der beiden Arten von Körpern ist nämlich bei ARISTOTELES sehr verschieden, und es hätte sich allenfalls (wenngleich das wenig wahrscheinlich ist) bei den Atomisten ebenso verhalten können. Aber eine andere Stelle aus der *Physik* scheint uns in dieser Hinsicht entscheidend. ARISTOTELES bedient sich dort der Unmöglichkeit einer ständigen Bewegung in gerader Linie zu einem indirekten Beweise; diese Unmöglichkeit erscheint ihm so offensichtlich, daß er gar nicht auf den Gedanken kommt, man könnte darüber anderer Ansicht sein.² Er würde sich sicher ganz anders ausgedrückt haben, wenn das Trägheitsprinzip auch nur implizite behauptet worden wäre; besonders wenn DEMOKRIT es ausgesprochen hätte.

In denselben Zusammenhang gehört auch eine Stelle bei PAPPUS, einem Mathematiker des dritten nachchristlichen Jahrhunderts; sie beweist nämlich, wie fremd den Alten die Vorstellung einer unbegrenzt dauernden geradlinigen Bewegung gewesen ist. PAPPUS nimmt an, daß ein beweglicher Körper von gegebenem Gewicht auf horizontaler Unterlage ruht und daß die Kraft (*δύναμις*) gegeben ist, die man zu seiner Fortbewegung braucht; er verlangt dann, daß man die

¹ ARISTOTELES, *De coelo*, I, 2: „Da es also eine einfache Bewegung gibt, und da dies die Kreisbewegung ist, da ferner die Bewegung eines einfachen Körpers einfach sein muß und die einfache Bewegung die eines einfachen Körpers sein muß . . . , so folgt daraus mit aller Notwendigkeit, daß es einen einfachen Körper gibt, der durch seine eigene Natur mit einer kreisförmigen Bewegung begabt ist.“ Dasselbst, II, 1: „Da nun die Kreisbewegung in sich selbst vollkommen ist, umhüllt sie alle unvollkommenen Bewegungen, die eine Grenze und einen Haltepunkt haben, während sie selbst weder Anfang noch Ende hat und ohne Unterbrechung und Ruhe ist während der ganzen Ewigkeit.“ *Metaphysik*, XII, 6: „Die einzige Bewegung, die im Raume permanent sein kann, ist die Kreisbewegung.“

² Vgl. weiter unten S. 122.

Kraft berechnen solle, die zur Bewegung des Gewichtes erforderlich ist, wenn die ebene Unterlage um einen gegebenen Winkel geneigt wird.¹ Diese Stelle läßt, scheint es, nur eine einzige Deutung zu: PAPPUS wußte nicht, daß die Kraft, die erforderlich ist, um eine Last auf einer horizontalen Ebene zu bewegen, in keiner Beziehung zu derjenigen steht, die bei einer schiefen Ebene nötig ist. Er glaubte, daß ein Körper, der auf einer horizontalen Ebene mit einer gewissen Geschwindigkeit geworfen wird, diese Geschwindigkeit mit der Zeit von selbst vermindert. Diese Meinung stimmt offenbar sehr gut mit den Ergebnissen der unmittelbaren Erfahrung überein: man sieht in der Tat in der Natur, wie die geradlinige Bewegung sich einige Zeit fortsetzt, sich dabei verlangsamt, um rasch ganz aufzuhören.

Auch in einer Stelle der *Moralia* des PLUTARCH hat man die Behauptung der Trägheit sehen wollen. Er setzt dort auseinander, daß „was dem Monde hilft, daß er nicht (auf die Erde) fällt, seine eigene Bewegung und die Schnelligkeit seiner Umdrehung ist“; und er fügt hinzu: „denn die naturgemäße Bewegung leitet jedes Ding, es sei denn, daß es von einem anderen abgeleitet wird . . . Deswegen leitet die Schwere den Mond nicht, weil die Kreisbewegung die Neigung nach der Tiefe zurückstößt.“² Zweifellos scheint für einen modernen Leser aus diesen Sätzen zu folgen, daß der Verfasser an eine Zusammensetzung einer dem Mond aufgeprägten geradlinigen Bewegung mit der Anziehung der Erde gedacht hat. In Wirklichkeit war ihm die Vorstellung, daß der Mond diesen beiden Bewegungen zugleich folgen könne, sicher ganz fremd. Was er sagen wollte, ist dies: da die natürliche kreisförmige Bewegung des Mondes stärker ist als die Anziehung der Erde, so kann diese nicht in Erscheinung treten. Er fügt denn auch zur Erläuterung hinzu: „ . . . So werden auch die Wurfgeschosse in der Schleuder durch die Kreisbewegung zurückgehalten, die ihnen aufgeprägt wird.“ Also übt die Kreisbewegung selbst und nicht eine geradlinige Bewegung, die sich nachher mit einer anderen zusammensetzt, ihren Einfluß aus.

¹ PAPPUS, Ed. Hultsch, Berlin 1876, VIII. Buch, prop. 9 (Bd. III, S. 1055) Kap. X. — Eine ausführliche Darstellung der Theorie des PAPPUS findet sich bei DUHEM, *Les origines de la statique*, Paris 1905, S. 189 f.

² PLUTARCH, *Vom Gesicht, das man in der Mondscheibe sieht*, Kap. VI, § 9.

Hinsichtlich der Aufrechterhaltung der geradlinigen Bewegung scheinen im Altertum zwei verschiedene Ansichten geherrscht zu haben. Die eine ist die des ARISTOTELES; dieser nimmt an, daß ein Körper nur dadurch bewegt werden kann, daß ein anderer ihn dauernd berührt, „wie wenn er auf einem Wagen gefahren würde“. Unter den gewöhnlichen Bedingungen wird diese Erscheinung unseren Augen dadurch verhüllt, daß wir beim Werfen eines Körpers gleichzeitig der Luft eine gewisse Bewegung mitteilen und daß diese dann weiter auf den geworfenen Körper wirkt: das ist die „Rückwirkung der Umgebung“. Aber im Leeren würde die Erscheinung nicht auftreten.¹

Die andere Theorie knüpft sich an den Namen des HIPPARCH; wir kennen sie hauptsächlich aus einer Stelle des Kommentars des SIMPLICIUS zu ARISTOTELES' *De coelo*.² Nach dieser Theorie erhält der geworfene Körper einen Impuls, der in ihm bleibt, auch wenn der Körper, der ihm die Bewegung aufgeprägt hat, aufhört, ihn zu berühren. Die Bewegung ist geradlinig, aber nicht gleichförmig; sie nimmt mit fortschreitender Zeit von selbst ab, um schließlich ganz zu erlöschen. In moderner Ausdrucksweise würden wir sagen, daß, sobald der Körper geworfen ist, eine Art negativer Beschleunigung eintritt, die ihn zum Halten bringt; aber das wäre eine ungenaue Übersetzung des Gedankens der Alten; diese waren sehr weit von der Annahme entfernt, die Geschwindigkeit könnte sich von selbst aufrecht erhalten; was diese geradlinige und abnehmende Bewegung erhält, erschien ihnen unter der Gestalt einer Kraft (*δύναμις*). Der Ausdruck ist derselbe wie bei PAPPUS, der gleichfalls eine derartige Theorie gehabt zu haben scheint. Er findet sich auch bei THEMISTIUS, einem anderen Kommentator des ARISTOTELES, wieder,³ der diesen Impuls mit der Wärme vergleicht, die man einem Körper mitteilt; das letztere ist deshalb besonders wichtig, weil sich der Begriff der Bewegung hier dem eines *Zustandes* nähert. Aber dieser Zustand wurde, wie man aus dem Zusammenhang ersehen kann, sicherlich als ein von selbst aufhörender vorgestellt, gerade wie auch der erwärmte Körper nach und nach zu seiner ursprünglichen Temperatur zurückkehrt. — THEMISTIUS fügte zu *δύναμις* das Attribut

¹ Vgl. weiter unten S. 122.

² ARISTOTELES, *Opera*, ed. Bekker, Bd. IV; *Scholia* ed. Brandis, S. 485.

³ Vgl. WOHLWILL, *Die Entdeckung des Beharrungsgesetzes*, Zeitschrift für Völkerpsychologie, XIV, S. 379.

ἐνδοθεῖσα hinzu, woraus anscheinend der Ausdruck *vis impressa* oder *impetus impressus* entstanden ist, der in der Entstehung des Trägheitsprinzips eine große Rolle gespielt hat. Wie wir sehen werden, entspricht die Bedeutung dieses Ausdruckes bei den Vorgängern des GALILEI in der Tat vollkommen der Vorstellung des HIPPARCH.

Man findet außerdem bei den alten Schriftstellern Überlegungen, die für uns eng mit dem Trägheitsprinzip zusammenhängen und die auch, wie wir sehen werden, bei seiner Entstehung eine gewisse Rolle gespielt haben; dennoch zogen jene Schriftsteller daraus bestimmt keine der Konsequenzen, die für uns daraus zu folgen scheinen. Diese Überlegungen sind von zweierlei Art. Erstens kannten die alten Physiker sehr wohl die Beharrlichkeit der Kreisbewegung, und in den darauf bezüglichen Erklärungen finden sich gelegentlich Ausdrücke, die sich denen zu nähern scheinen, welche wir heute in bezug auf die Inertialbewegung gebrauchen. So heißt es in den dem ARISTOTELES zugeschriebenen *Quaestiones mechanicae*: „Einige behaupten, daß die Kreislinie in ständiger Bewegung sei wie das, was beharrt, weil es Widerstand leistet“.¹

Die Überlegungen der zweiten Art beziehen sich auf das, was wir heute als *Relativität der Bewegung* bezeichnen. SEXTUS EMPIRICUS stellt sich ein Schiff vor, das sich mit einer gewissen Geschwindigkeit bewegt, während ein Mann, der einen Balken trägt, sich auf diesem Schiff mit der gleichen Geschwindigkeit, aber in entgegengesetzter Richtung bewegt.² Als Ergebnis dieser zweifachen Bewegung findet man, daß der Balken sich in bezug auf das Wasser und die Luft überhaupt nicht bewegt hat (SEXTUS sagt wörtlich: „in derselben Senkrechten der Luft und des Wassers bleibt“).³ Da übrigens die Bewegungen, von denen die Rede ist, offenbar als geradlinig und gleichförmig vorgestellt werden, so liegt der Schluß nahe, daß SEXTUS sie aus diesem Grunde für relativ gehalten habe, worin das Wesen des Trägheitsprinzips enthalten wäre. Aber in Wirklichkeit hat ihm dieser Gedanke sicherlich fern gelegen. Nichts deutet darauf hin, daß er einen Unterschied zwischen der geradlinigen

¹ *Quaestiones mechanicae*, Ed. VAN CAPELLE, Amsterdam 1812, Kap. IX, S. 433.

² SEXTUS EMPIRICUS, *Adversus mathematicos*, II *adversus physicos*, sectio II, *De motu*, § 55 f. *Opera*, ed. FABRICIUS, Leipzig 1718, S. 643.

³ Dasselbst, § 57.

und den anderen Arten von Bewegung hätte feststellen wollen; im Gegenteil, auf diese Erörterung folgen bei ihm Stellen, an denen er mittels ganz andersartiger Überlegungen zu zeigen versucht, daß der Begriff der Rotationsbewegung in sich widerspruchsvoll sei. Der berühmte Skeptiker will nämlich den Begriff der Bewegung überhaupt vernichten, und die Erörterungen über das Schiff dienen ihm lediglich zum Beweise der Behauptung, daß ein Ding „sich bewegen kann, ohne daß weder das Ding im ganzen noch seine Teile den Ort verlassen, an dem sie sich befinden“.¹ Es steht andererseits fest, daß die Vorstellung der Relativität in einem gewissen Sinne den Alten völlig vertraut sein mußte, und zwar gerade auf Grund der krummlinigen Bewegungen. Liegt doch diese Vorstellung, wie WUNDT sehr richtig bemerkt hat,² notwendigerweise allen astronomischen Theorien und insbesondere der Epizyklen-theorie zugrunde.

Gegen Ende des Mittelalters, zur Zeit als zuerst sehr langsam das wissenschaftliche Denken im Abendlande wieder erwacht, finden wir häufig die Spuren der beiden von uns erwähnten Gedankengänge wieder; bald gehören sie dem herrschenden Peripatetismus an, bald stehen sie zu ihm in offener Opposition. Das letztere ist besonders bei den Theoretikern des *impetus impressus* der Fall. Die Ideen HIPPARCHS sind nicht nur durch den bereits im XIII. Jahrhundert ins Lateinische übersetzten Kommentar des SIMPLICIUS, sondern außerdem durch eine Stelle bei seinem Zeitgenossen, dem Alexandriner JOHANNES PHILOPONOS überliefert; diese Stelle hatte der

¹ Dasselbst. — ROSENBERGER (*Geschichte der Physik*, Braunschweig 1884, Bd. I, S. 47) glaubt, daß das Fehlen der Vorstellungen, die für uns aus dem Trägheitsprinzip folgen, einer der bestimmenden Gründe für den Sieg der geozentrischen Theorien in der antiken Astronomie gewesen sei. Nur die Philosophen konnten die Bewegung der Erde ins Auge fassen; die Alexandriner, die ans Beobachten gewöhnt waren, mußten sich von einer solchen Ansicht fernhalten. — Man kann nicht sagen, daß diese Meinung ROSENBERGERS durch die Auseinandersetzung des SEXTUS EMPIRICUS widerlegt würde. Es scheint nämlich, als seien diese Theorien erst sehr spät entstanden und als seien sie als eine Art Paradoxon betrachtet worden, das geeignet ist, Zweifel an Vorstellungen zu erwecken, die der gemeine Verstand als feststehend ansieht; dagegen glaubte man nicht, daß solche Theorien irgendeiner präzisen Aussage zur Grundlage dienen konnten. — Immerhin sollte man solche negativen Deduktionen vielleicht nur mit Vorsicht benutzen. Würden wir morgen die Schriften des ARISTARCH entdecken, wer weiß, ob wir nicht darin Argumente finden würden, die denen ganz ähnlich wären, deren sich KOPERNIKUS bediente?

² W. WUNDT, *Die Prinzipien der mechanischen Naturlehre*, 2. Aufl., Stuttgart 1910, S. 36.

arabische Astronom AL BITRAGI (ALPETRAGIUS) angeführt, dessen Werk dem Abendlande durch die ungefähr gleichzeitige Übersetzung des MICHAEL SCOTUS zugänglich gemacht worden war. Das Verdienst, die Ideen des HIPPARCH weiter entwickelt zu haben, gebührt, wie es scheint, vor allem ALBERTUS DE SAXONIA, einem der berühmtesten Lehrer der Pariser Universität im XIV. Jahrhundert. Diese Lehre, die zuweilen als „Pariser“ Lehre bezeichnet wird, findet in Deutschland Verbreitung durch MARSILIUS von Inghen und SUNCZEL und in Italien durch GAETANO da Thiene; in Paris wird sie durch JAN DULLAERT von Gent um 1500 fortgesetzt.¹

Ebenso gerät auch die Vorstellung von der *Relativität der Bewegung* nicht gänzlich in Vergessenheit. Das Argument von dem Manne im Schiff scheint in mehr oder minder veränderter Form in hohen Ehren gestanden zu haben. Allerdings kennen wir weniger die Anhänger dieser Ansichten als die, die sie bekämpfen. Aber die Energie, mit der ALBERTUS MAGNUS, ST. THOMAS, CAMPANUS de Novarra, ALBERTUS de SAXONIA die Argumente des PTOLEMÄUS auseinandersetzen,² beweist, daß sie eine Theorie bekämpften, der es keineswegs an Anhängern fehlte.

In der ersten Hälfte des XV. Jahrhunderts behauptet NIKOLAUS von Kues in klarer Weise die Relativität der Bewegung. Der gelehrte Kardinal, bekanntlich einer der Vorläufer des KOPEBNIKUS, versucht zu beweisen, daß die Erde sich bewegen kann, ohne daß wir es gewahr werden; dazu bedient er sich des Beispiels von dem Schiff, das uns bei schneller Fahrt doch unbewegt erscheinen kann, wenn wir die Ufer nicht sehen.³

Aber gerade bei NIKOLAUS kann man sehen, daß die Einsicht in die Relativität der Bewegung nicht genügt hat, um die Vorstellung vom Trägheitsprinzip entstehen zu lassen, obgleich sie für uns aus jener Einsicht zu folgen scheint. Es ist nämlich merkwürdig, daß der Kusaner die unbegrenzte Bewegung in der geraden Linie behauptet hat; aber er tat dies in einem besonderen Falle und stützte sich dabei auf ganz andere Erwägungen. Es lohnt sich, seine Darstellung etwas eingehender zu betrachten, da sie anscheinend auf die Ent-

¹ DUHEM, *Études sur Leonard de Vinci*. Paris 1906—1909, I, S. 111 f., II, S. 194 f.

² Dasselbst, II, S. 247—249.

³ NIC. CUSANUS, *Opera*, Basel 1565, Kap. X—XII, S. 38 f.

wicklung der Wissenschaft und besonders auf die Entstehung des Trägheitsbegriffes bei GALILEI einen erheblichen Einfluß gehabt hat.¹

Bei der Beschreibung eines Spieles, bei dem es sich anscheinend darum handelte, eine Kugel auf einer Ebene rollen zu lassen, setzt NIKOLAUS auseinander, daß, wenn die Kugel absolut rund und der Fußboden vollkommen glatt wäre, jene ihn nur in einem Punkte (er sagt: *in atomo*) berühren würde. Nun rollt aber die auf der Ebene geworfene Kugel, d. h. sie dreht sich.² Wäre diese drehende Bewegung eine natürliche, so würde sie ewig dauern wie die der „äußersten Sphäre“ des Himmels, „ohne Gewalt noch Ermüdung“ (das ist nämlich des ARISTOTELES Lehre von der natürlichen Kreisbewegung). Denn — und hierin besteht die Kühnheit der Theorie des CUSANUS — die Bewegung der Himmelssphäre und die der von Menschenhand geworfenen vollkommenen Kugel auf der absolut glatten Ebene sind streng vergleichbar. „Diese Sphäre wird von Gott, dem Schöpfer, oder vom Geiste Gottes bewegt wie die Kugel durch dich“. Die unbegrenzte Fortdauer der Bewegung kommt nämlich von der Vollkommenheit der Rundung, „die Form der Rundheit ist sehr geeignet für die Fortdauer der Bewegung“. Je runder etwas ist, desto leichter bewegt es sich. „Wäre daher die Rundheit an ihrem Maximum, so daß sie nicht mehr größer sein könnte, so würde die Kugel sich wie von selbst bewegen, sie wäre zugleich Beweger und Bewegtes.“ Übrigens könnte das, was in Bewegung ist, nicht aufhören sich zu bewegen, es sei denn, es verhielte sich in einem gegebenen Augenblick anders als im vorangehenden. „Folglich muß sich die Kugel, einmal in Bewegung gesetzt, auf einer ebenen und gleichmäßigen Oberfläche immer weiter bewegen, da sie sich ja immer gleich verhält“.³

Obwohl wir mit größtmöglicher Treue Ausdrücke NIKOLAUS' beibehalten haben, haben wir ein wenig die Reihenfolge der Sätze geändert; aber der Gedankengang der Ableitung ist jedenfalls der von uns angedeutete. Offenbar kommen in dieser Darstellung Gedanken vor, die unserem Begriff der Trägheit nahe kommen, z.B.

¹ Vgl. weiter unten S. 119 und 147.

² Oben haben wir gesehen, daß die Theorie des *impetus* vor NIKOLAUS bereits von ALBERTUS DE SAXONIA dargelegt worden war. Es sei bemerkt, daß dieser den Begriff auch auf sich drehende Körper anwendet, besonders auf die Bewegung eines Mühlsteins; die von DUHEM angeführte Stelle des ALBERTUS (*Études sur Léonard de Vinci*, 2. Reihe, Paris 1909, S. 198—199) war offenbar die Quelle für des Kusaners Ansichten über denselben Gegenstand.

³ CUSANUS, a. a. O. S. 212—214.

in dem Satz, in dem von dem Aufhören der Bewegung die Rede ist. In einem anderen, von uns ausgelassenen Satzesagt NIKOLAUS, daß die Kugel sich durch den Impuls bewegt, der in ihr fortdauert (*impetum in ipsum faciendo: quo durante movetur*). Aber das bezieht sich nur auf die Rotation; und letzten Endes gelangt er zu der Vorstellung von einer unaufhörlichen Bewegung einer Kugel auf einer Ebene nur über die Beharrlichkeit der Rotation, nicht wie wir über die der translatorischen Bewegung.

Offensichtlich war der Gedanke der Relativität der Bewegung unentbehrlich für die kopernikanische Theorie von der Bewegung der Erde. Dennoch sehen wir, daß KOPERNIKUS selbst sehr weit davon entfernt war, ein allgemeines Trägheitsprinzip anzunehmen. Er schreibt den Himmelskörpern nämlich genau wie ARISTOTELES eine natürliche Kreisbewegung zu, wobei er deutlich sagt, daß diese Bewegung keineswegs Veranlassung zum Auftreten einer Zentrifugalkraft geben könnte.¹ Das war auch noch die Ansicht TELESIOS.² Im Gegensatz dazu glaubte KEPLER, daß die Bewegungen der Planeten auf einem von der Sonne ausgehenden Fluidum beruhten, und daß sie an einem beliebigen Punkte ihrer Bahn sofort stehen bleiben würden, sowie die Sonne zu wirken aufhörte,³ eine Auffassung, die sich, wenn möglich, noch weiter von der Trägheitsvorstellung entfernt als die des ARISTOTELES und KOPERNIKUS über die natürliche Kreisbewegung.

Noch im XVII. Jahrhundert sehen wir einen CARPENTARIUS, der sich immerhin in vielen Beziehungen von dem Einfluß der scholastischen Philosophie frei gemacht hatte, sich gegen ARISTOTELES zum Beweise der Schwere der Luft des folgenden Argumentes bedienen: die in die Höhe gedrückte Luft würde sich nach „keinem Zentrum“ hin bewegen; die Bewegung wäre also eine unendliche, was der Verfasser natürlich als absurd betrachtet.⁴

Dennoch finden die Gedanken HIPPARCHS, die im XIV. Jahrhundert von ALBERTUS de SAXONIA und der Pariser Schule wieder aufge-

¹ NIC. COPERNICI, *De revolutionibus orbium coelestium*, libri VI, Thorn 1873, I. Buch, Kap. VII, S. 23.

² BERNHARDINI TELESII Cosentini. *De rerum natura etc.* Neapel 1570, II. Buch, Kap. 50, S. 85.

³ Vgl. Anhang II, S. 497 ff.

⁴ CARPENTARIUS, *Philosophia libera*, 2. Aufl., Oxford 1622, S. 67. — Über den Gebrauch des indirekten Beweises vgl. weiter unten S. 122.

nommen worden waren, im XVI. Jahrhundert in Italien immer mehr Anhänger. Bei der Widerlegung der aristotelischen Theorien von der Impulsbewegung sagt CARDANO: „Und wenn man annimmt, daß alles, was bewegt wird, durch etwas bewegt wird, so ist das sehr wahr; aber das Bewegende ist ein impetus, der ebenso erworben wird wie die Wärme vom Wasser“.¹

Das ist, wie man sieht, derselbe Vergleich, den schon THEMISTIUS benutzte. Indessen ist CARDANO nicht kühn genug, um sich völlig von den peripatetischen Ideen zu befreien; er nimmt an, daß ein Wurfgeschloß nach dem Verlassen der Wurfmaschine wegen der Rückwirkung der Luft noch eine Weile fortfährt, seine Geschwindigkeit zu vergrößern, gerade so wie dies bei ARISTOTELES geschildert wird.

Gegen Ende des XVI. Jahrhunderts präzisiert BENEDETTI² die Gedanken CARDANOS. BENEDETTI gebührt ferner das Verdienst, eine Erklärung der Bahn eines geworfenen Körpers mit Hilfe der Zerlegung der Bewegung versucht zu haben. Er erklärt, der aus einer Schleuder geworfene Körper habe das Bestreben, der Tangente an den von der Schleuder beschriebenen Kreis zu folgen, dadurch aber, daß die Schwerkraft auf ihn zu wirken beginne, ergäbe sich aus der Zusammensetzung der beiden Bewegungen eine gekrümmte Bahn.³ Das war eine gewichtige Neuerung. Es war zwar schon im Altertum bekannt, daß zwei geradlinige Bewegungen sich unter Umständen zu einer krummlinigen zusammensetzen können; eine entsprechende Ableitung findet sich bei ARISTOTELES: eine Kreisbewegung ist die Resultante zweier geradliniger Bewegungen, von denen die eine konstant ist und die andere ständig abnimmt.⁴ Wir werden sogleich sehen, daß diese Schlußweise BENEDETTI ganz besonders günstig liegen mußte. Etwas vom Peripatetismus vollkommen Abweichendes ist aber die Annahme BENEDETTIS, daß eine gewalt-

¹ HIERONYMI CARDANI, *De subtilitate*, Nürnberg 1550, S. 56.

² Einer interessanten Beweisführung DUHEMS zufolge (*Études sur Léonard de Vinci*, I, S. 111 f., 208 f.) wäre es LIONARDO gewesen, der unmittelbar von ALBERTUS DE SAXONIA angeregt diese Ansichten zuerst in Italien eingeführt hätte. Zwar hat er seine Arbeiten über diesen Gegenstand nicht veröffentlicht, doch sollen seine Manuskripte von einigen Personen benutzt worden sein; CARDANO und sogar BENEDETTI, dieser hinsichtlich der *vis impressa*, sollen kaum mehr getan haben als diese Manuskripte zu plündern.

³ J. BAPTISTI BENEDICTI, *Diversorum speculationum liber*, Turin 1585, S. 160.

⁴ Vgl. DUHEM, *Les origines de la statique*, Paris 1905, S. 108, 109.

same Bewegung, wie die dem Körper durch den Wurf aufgezwungene, sich in stetiger Weise mit einer natürlichen Bewegung wie der Fallbewegung zusammensetzen könne. Noch TARTAGLIA hatte die Möglichkeit einer solchen Zusammensetzung ausdrücklich bestritten, und diese Überzeugung war so allgemein verbreitet, daß SANTBECK 1561 entgegen dem klarsten Augenschein zu behaupten wagte, daß die Wurfbahn einer Kugel sich aus zwei geraden Linien zusammensetze, indem die erste Periode so lange dauere, wie die gewaltsame Bewegung vorherrsche, und die zweite anfinde, sobald die natürliche überwiege.¹

Natürlich nimmt BENEDETTI an, daß der dem Körper mitgeteilte Impuls mit der Zeit ständig abnimmt,² und gerade an dieser Zerlegung der Wurfbewegung kann man sehen, wie diese Ansicht sich den Naturforschern sozusagen aufdrängen mußte. BENEDETTI hat nämlich keine Vorstellung von einer Kraft, deren Wirkungen sich häufen, wie wir das für die Schwerkraft annehmen. Er mußte daher die Wirkung dieser Kraft ganz einfach für konstant halten; um also zu erklären, wie es kommt, daß sie mit der Zeit dennoch überwiegt, mußte eine Abnahme der anderen Komponente zu Hilfe genommen werden.

VON BENEDETTI scheint GALILEI die unmittelbarste Anregung empfangen zu haben. In den *Sermones*³ stellt er eine Theorie auf, die ganz wie bei BENEDETTI auf einer Abnahme der *vis impressa* beruht; indessen hatte GALILEI zu der Zeit, in der der älteste Teil dieser Abhandlung entstanden ist (1590), bereits das Gesetz der Fallräume entdeckt. Um 1610 scheint GALILEI auf den Gedanken gekommen zu sein, die Wurflinie aus der Horizontal- und der Fallbewegung zusammenzusetzen.⁴ Aber die Abnahme der *vis impressa* findet sich noch in den *Discorsi e Dimostrazioni* (1638) als Meinung

¹ ROSENBERGER, *Geschichte der Physik*, Bd. I, S. 122. — Die landläufige Ansicht war weniger folgerichtig, aber eben dadurch weniger dem Augenschein entgegengesetzt; man verband die beiden Geraden durch einen Kreisbogen. Eine Abbildung der so aufgefaßten Wurfbahn finden wir bei CARDANO, a. a. O. § 49. Nach DUHEM (a. a. O. I, S. 112—113) rührt diese Ansicht von LIONARDO her.

² BENEDETTI, a. a. O.: „*Verum idem est impressum illum impetum paulatim decrescere...*“

³ GALILEI, *Sermones de motu gravium*, *Opere complete*, Florenz 1842—56, Bd. XI, S. 33.

⁴ Vgl. WOHLWILL, *Die Entdeckung des Beharrungsgesetzes*. Zeitschrift für Völkerpsychologie, Bd. XV, 1884, S. 110.

des einen Teilnehmers an der Unterhaltung, ohne daß der andere sie zurückwiese. Allerdings enthält dasselbe Werk die Behauptung der Trägheit in jeder Richtung; aber, wie WOHLWILL mit Recht hervorgehoben hat, wird sie dort keineswegs als allgemeines Prinzip verkündet, sondern findet sich sozusagen „in einer Ecke“ der Abhandlung verborgen.¹ Übrigens hat GALILEI niemals aufgehört, die Kreisbewegung der Himmelskörper als „natürlich“ im Sinne der Alten und des KOPERNIKUS zu betrachten. Hinsichtlich der Entstehung des Trägheitsbegriffes bei GALILEI ist es besonders wichtig, festzustellen, daß er zuerst nur die Beharrlichkeit der horizontalen Bewegung behauptet hat und daß er sich dieser Form des Prinzips mit Vorliebe bedient.² Er hat es bewiesen an dem Beispiel der auf einer Ebene rollenden Kugel,³ und es erscheint zum mindesten wahrscheinlich, daß diese Ableitung sich eng an die Ansichten des Kusaners anschließt, die wir weiter oben dargestellt haben.

Es kann sein, daß DESCARTES das Trägheitsprinzip unabhängig von GALILEI gefunden hat; jedenfalls waren aber zu der Zeit, da er das Prinzip zum ersten Male formulierte (um 1620), bereits verschiedene Werke GALILEIS veröffentlicht, die es wenigstens implizite enthielten, und andere waren gewiß auf verschiedenen Wegen verbreitet worden; es ist daher wahrscheinlicher, daß DESCARTES mit seiner scharfen Logik lediglich die Sätze verallgemeinert hat, die er bei seinem Vorgänger fand. Bekanntlich hat ja DESCARTES selten seine Vorgänger erwähnt, selbst dann nicht, wenn die Anleihen offensichtlich waren, die er bei ihnen machte — eine zur damaligen Zeit allgemein verbreitete Gewohnheit.⁴ Auf keinen Fall aber kann man DESCARTES das Verdienst bestreiten, als erster eine vollständige und logische Theorie der Erhaltung der Geschwindigkeit in der geraden Linie aufgestellt und die grundlegende Wichtigkeit dieses Prinzips für die Theorie der Bewegung überhaupt verkündet zu haben.⁵

¹ Dasselbst, S. 124.

² Dasselbst S. 103 f.

³ Vgl. weiter unten S. 147 f.

⁴ Vgl. DUHEM, *Les origines de la statique*, S. 332.

⁵ Über die Geschichte des Trägheitsprinzips findet man nützliche Angaben bei ROSENBERGER, *Geschichte der Physik*, Braunschweig 1884, und bei LASSWITZ, *Geschichte der Atomistik*, Hamburg 1890, Bd. II, S. 19 f. Bezüglich GALILEIS und DESCARTES' sind wir vor allem WOHLWILL (a. a. O.) gefolgt, dessen Beurteilung uns sehr gerecht erscheint. Vgl. auch P. TANNERY, *Galilée et les principes de la dynamique*. *Revue générale des sciences*, Bd. XIII, 1901, S. 333.

Man spricht das Trägheitsprinzip gewöhnlich in zwei Teilen aus, wovon der erste sich auf die ruhenden, der zweite auf die bewegten Körper bezieht. Eine solche Formulierung findet sich bei DESCARTES.¹ Wir zitieren hier die Formulierung D'ALEMBERTS, die am häufigsten und mit nur geringen Varianten bei den späteren Autoren wiederkehrt: 1. Gesetz: „Ein in Ruhe befindlicher Körper verharrt in ihr, es sei denn, daß eine fremde Ursache ihn daran hindert“; 2. Gesetz: „Ein durch irgendeine Ursache in Bewegung gesetzter Körper muß immer gleichförmig und in gerader Linie darin beharren, solange nicht eine neue Ursache, die von der verschieden ist, welche ihn in Bewegung gesetzt hat, auf ihn wirkt; d. h. wenn nicht eine fremde von der bewegenden verschiedene Ursache auf den Körper wirkt, wird er sich beständig in gerader Linie bewegen und in gleichen Zeiten gleiche Räume durchlaufen“.²

D'ALEMBERT fügt diesem doppelten Gesetz einen sehr merkwürdigen Beweis an. Nachdem er den ersten Teil formuliert hat, fährt er fort: „Denn ein Körper kann sich nicht selbst zur Bewegung bestimmen; weil es keinen Grund gibt, weswegen er sich eher nach der einen als nach der anderen Seite bewegen sollte. *Zusatz:* Daraus folgt, daß, wenn ein Körper durch welche Ursache auch immer eine Bewegung erhält, er selbst diese Bewegung weder beschleunigen noch verlangsamen kann“.

Der zweite Teil wird mit folgenden Worten bewiesen: „Denn entweder genügt die unteilbare und momentane Wirkung der bewegenden Ursache am Anfang der Bewegung, um den Körper einen gewissen Raum durchlaufen zu lassen, oder der Körper braucht zu seiner Bewegung die dauernde Wirkung der bewegenden Ursache.

„Im ersten Falle leuchtet ein, daß der durchlaufene Raum nur eine gerade von dem Körper gleichförmig durchmessene Linie sein kann. Denn (nach der Annahme) besteht nach dem ersten Augenblick die bewegende Ursache nicht mehr, dagegen besteht die Bewegung nichtsdestoweniger weiter, sie wird also notwendig eine gleichförmige sein, da der Körper (*Zusatz*) seine Bewegung von selbst

¹ DESCARTES, *Principes. Oeuvres*, Bd. IX, Paris 1904, II, Kap. XLIII, „(Un corps) lors qu'il est en repos, il a de la force pour demeurer en ce repos et pour résister a tout ce qui pourroit le faire changer. De mesme que lorsqu'il se meut il a de la force pour continuer de se mouvoir, avec la mesme vitesse et vers le mesme costé“.

² D'ALEMBERT, *Dynamique*, 2. Aufl., Paris 1757, S. 3.

weder beschleunigen noch verlangsamten kann. Ferner gibt es keinen Grund, warum der Körper eher nach rechts als nach links von der Geraden abweichen sollte. In diesem ersten Falle also, in dem angenommen wird, daß er sich von selbst, unabhängig von der bewegendenden Ursache eine gewisse Zeit lang bewegen kann, wird er sich während dieser Zeit von selbst geradlinig und gleichförmig bewegen.

„Nun aber muß ein Körper, der imstande ist, sich von selbst während einer gewissen Zeit gleichförmig und geradlinig zu bewegen, ständig in derselben Bewegung fortfahren, wenn nichts ihn daran hindert. Denn nehmen wir an, der Körper gehe von A aus und sei fähig, von selbst die Strecke AB zu durchlaufen; seien dann C, D irgend zwei Punkte dieser Strecke zwischen A und B! Dann befindet sich der Körper, wenn er in D ist, in genau demselben Zustand wie zu der Zeit, da er in C war, nur daß er an einem anderen Ort ist. Es muß also mit dem Körper dasselbe geschehen, was in C mit ihm geschah. Nun sollte er aber (*nach unserer Annahme*) fähig sein, wenn er in C ist, sich gleichförmig bis nach B zu bewegen. Wenn er in D ist, wird er sich also von selbst gleichförmig bis nach dem Punkte G bewegen können, wobei $DG = CB$ ist, und so fort.

„Ist also die erste und momentane Wirkung der bewegendenden Ursache imstande, den Körper zu bewegen, so wird er gleichförmig und in gerader Linie bewegt werden, solange keine neue Ursache ihn daran hindert.

„*Im zweiten Falle* wird angenommen, daß auf den Körper keine fremde und von der bewegendenden verschiedene Ursache wirkt; infolgedessen gibt es nichts, was die bewegendende Ursache bestimmen könnte zu- oder abzunehmen; daraus folgt, daß ihre fortgesetzte Wirkung eine gleichförmige und konstante sein wird, und daß der Körper daher, solange sie wirkt, sich geradlinig und gleichförmig bewegen muß. Da nun derselbe Grund, aus dem die Ursache während einer gewissen Zeit konstant und gleichförmig wirkt, immer besteht, ohne daß sich dieser Wirkung irgend etwas entgegenstellt, so ist klar, daß die Wirkung dauernd dieselbe bleiben und auch beständig denselben Effekt haben muß. Also usw.“

Der „zweite Fall“ D'ALEMBERTS bezieht sich offenbar auf aristotelische Vorstellungen, von denen sich zu jener Zeit in Frankreich noch Spuren fanden. Es ist zu bemerken, daß D'ALEMBERT keines-

wegs versucht, diese Vorstellungen zu widerlegen, sondern sich vielmehr bemüht, dem Trägheitsprinzip einen Schein von Aristotelismus zu verleihen.

Aber der Beweis des „ersten Falles“ verdient, daß wir uns etwas länger bei ihm aufhalten. Er findet sich bei späteren Schriftstellern wieder, besonders bei LOTZE, der ihn mit weniger Strenge als D'ALEMBERT formuliert und ihn dabei aus der Sprache der Mathematik in die der Philosophie überträgt; er drückt sich ungefähr folgendermaßen aus. Wenn die Bewegung nicht unbegrenzt andauern sollte, so müßte sie im selben Augenblick aufhören, in dem der Impuls aufhört; nun dauert aber dieser nur einen Augenblick, einen unendlich kleinen Zeitraum. Es würde also überhaupt keine Bewegung stattfinden. Folglich liegt die Trägheit im Begriff der Bewegung selbst, sie „bildet einen integrierenden Teil dieses Begriffes“.¹

Es ist von außerordentlichem Interesse, diesen Beweis mit demjenigen zu vergleichen, der sich im 4. Buch der *Physik* des ARISTOTELES findet. Genau wie D'ALEMBERT und LOTZE bemerkt ARISTOTELES, daß, wenn die Bewegung den Impuls selbst überdauerte, es gar keinen Grund für sie gäbe, überhaupt jemals aufzuhören. Diese Folgerung erscheint ihm absurd, und so beweist er, daß im leeren Raum eine Bewegung nur durch die Wirkung einer fortdauernden Ursache stattfinden könne, „wie die Last, die der Wagen trägt“. Aber für das Volle natürlich, d. h. für die wirkliche Welt (wie zur genüge bekannt ist, leugnet ja ARISTOTELES die Existenz des Leeren) genügt der Impuls, denn die Luft und andere umgebende Körper wirken zusammen, um die Bewegung aufrecht zu erhalten.²

¹ LOTZE, *System der Philosophie*, Leipzig 1874—79, *Metaphysik*, S. 311. LOTZE scheint übrigens seine Ansicht über diesen Punkt ein wenig geändert zu haben. Vergl. Ders., *Grundzüge der Naturphilosophie*, 2. Aufl., Leipzig 1889, S. 11.

² ARISTOTELES, *Physik*, IV, 11. „Man kann beobachten, daß die Wurfgeschosse in ihrer Bewegung fortfahren, ohne daß die Maschine, die sie geworfen hat, fortführe sie zu berühren, sei es wegen der Rückwirkung der Umgebung, wie man zuweilen sagt, sei es durch die Wirkung der Luft, die, wenn sie vertrieben wird, ihrerseits vertreibt und dabei eine Bewegung erzeugt, die schneller ist als das natürliche Streben des Körpers nach dem ihm angemessenen Ort. Aber im Leeren kann nichts dergleichen geschehen, und ein Körper kann sich dort nur bewegen, wenn er fortdauernd gehalten und transportiert wird, wie die Last, die ein Wagen trägt. Es wäre auch ganz unmöglich, zu sagen, warum ein im Leeren einmal in Bewegung gesetzter Körper jemals irgendwo anhalten sollte. Folglich müßte er entweder in Ruhe bleiben oder, wenn er in Bewegung ist, wird diese notwendig unbegrenzt sein, wenn nicht irgendein stärkeres Hindernis sie aufhält.“

D'ALEMBERTS Beweis ist eine reine Deduktion. Sie entnimmt der Erfahrung nichts als die Existenz der Bewegung selbst. In diesem Sinne wäre also das Prinzip der Trägheit a priori. Aber welchen Wert hat denn eigentlich dieser Beweis?

Sicher ist der soeben zitierte Aristotelische Beweis geeignet, unser Vertrauen zu erschüttern. Ist es möglich, müssen wir uns fragen, daß der griechische Philosoph dasselbe Argument benutzt, um den entgegengesetzten Schluß daraus zu ziehen? Dieser Eindruck wird durch eine eingehendere Zergliederung bestätigt.

Wenn wir die Möglichkeit einräumen, auf rein deduktivem Wege zum Begriff der Trägheit zu gelangen, so erhebt sich eine Schwierigkeit, die HERBERT SPENCER klar erkannt hat. SPENCER ist überzeugter Anhänger des Apriori in allen diesen Fragen; für ihn ist das Trägheitsprinzip, das er übrigens in etwas ungenauer Weise als Prinzip „der Kontinuität der Bewegung“ ausspricht (wobei er anscheinend das Energieprinzip gleich damit verbindet), eine unmittelbar axiomatische Wahrheit, deren Gegenteil das Denken gar nicht realisieren kann. Wie kommt es dann aber, daß diese Wahrheit erst so spät in der Geschichte der Wissenschaft auftritt? „Die axiomatische Natur dieser Wahrheit, daß die Bewegung beständig ist, wird, so antwortet er, erst erkannt, nachdem die strenge Zucht der exakten Wissenschaft den Begriffen Präzision verliehen hat. Primitive Menschen, unsere der Bildung entbehrende Bevölkerung und sogar die Mehrzahl der sog. Gebildeten denken äußerst unbestimmt. Sie gehen von Beobachtungen aus, die ohne Sorgfalt angestellt werden, und ziehen daraus mittels ebenso wenig sorgfältiger Überlegungen Schlüsse, deren Konsequenzen sie sich nicht klar machen, die sie niemals so weit entwickeln, daß sie erkennen, ob sie miteinander verträglich sind. Die große Mehrheit nimmt kritiklos hin, was die unbewaffnete Wahrnehmung zu beweisen scheint, nach der die uns umgebenden Körper bald wieder zur Ruhe kommen, wenn sie in Bewegung versetzt worden sind; man nimmt daher stillschweigend an, daß die Bewegung sich wirklich verliert. Man fragt sich nicht, ob nicht vielleicht die Erscheinung sich anders deuten ließe oder ob die Deutung, die man annimmt, überhaupt vom Denken realisiert werden kann“. ¹ M. a. W. wie SPENCER es in bezug auf das Prinzip der Erhaltung der Materie formuliert, diese Leute meinen,

¹ HERBERT SPENCER, *First Principles*, London 1863, S. 246.

daß sie etwas glauben, was sie in Wirklichkeit gar nicht glauben könnten. Das ist an und für sich nicht undenkbar. Die Geometrie besteht nur aus Deduktionen, und dennoch wurden ihre Sätze erst nach und nach erkannt. Ein Mensch, der die Vorstellung des rechtwinkligen Dreiecks besitzt, wird, wenn er den Satz des PYTHAGORAS nicht kennt, sicher glauben, daß es möglich sei, ein Dreieck zu konstruieren, in dem das Quadrat über der Hypothenuse nicht gleich der Summe der Quadrate der Katheten ist.

Das ist zweifellos richtig, aber es setzt die Unkenntnis der Deduktion voraus. Man stelle sich einen Menschen vor, der ein derartiges Dreieck zu konstruieren versucht und dem man dann den Beweis des PYTHAGORAS vorführt! Was würde man dazu sagen, wenn dieser Mensch bei seiner ursprünglichen Ansicht bliebe und seine Versuche fortsetzte? Man würde annehmen, daß er entweder den Beweis nicht begriffen habe oder daß es ihm völlig an Logik fehle. Aber weder das eine noch das andere trifft für ARISTOTELES zu; es geht offenbar nicht an, ihn zu der Menge der primitiven Leute usw. zu rechnen, über die SPENCER sich so streng äußert. Man darf zwar wohl behaupten, daß er durch Analyse der ihm bekannten Tatsachen zur Erkenntnis des Trägheitsprinzips hätte gelangen können; man kann vor allem seine Erklärung der Wurfbewegung unzureichend finden und der Meinung sein, daß er das hätte bemerken müssen. Aber an sich hat der Gedanke nichts Widerspruchsvolles, daß die Welt voll ist und sich in ihr nichts bewegt, was nicht infolge eines großen Impulses des ersten Bewegers gestoßen wird. Mindestens ist diese Vorstellung nicht widerspruchsvoller als viele unverständliche Vorstellungen, die wir dennoch notgedrungen akzeptieren. Bei sorgfältiger Abwägung des Für und Wider wird man die Ansicht PAUL TANNERYs unterschreiben müssen, daß zu seiner Zeit „das System des ARISTOTELES der unmittelbaren Beobachtung der Tatsachen sehr viel gemäßer war als das unsrige“. ¹ Das ist auch die Ansicht DUHEMS, der die Grundsätze dieser Mechanik folgendermaßen formuliert: 1. Ein Körper, der einer konstanten Potenz unterworfen ist, bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit; 2. ein Körper, der keinerlei Potenz unterworfen ist, bleibt unbeweglich. ² Die Hypothese von der Wirkung des Mediums oder von der „umgebenden“ Reak-

¹ PAUL TANNERY, *Galilée*, Revue générale des sciences, XII, 1901, S. 334.
DUHEM, *La théorie physique*, Paris 1906, S. 434.

tion, wie ARISTOTELES sie nennt, hat übrigens noch immer Anhänger,¹ und wer weiß, ob die elektrischen Theorien uns nicht darauf zurückführen werden?*

Man kann aber noch weiter gehen: selbst in den Punkten, in denen ARISTOTELES und D'ALEMBERT einig zu sein scheinen, hat der Beweis nicht im entferntesten die Bedeutung, die beide ihm zuschreiben. Um das einzusehen, genügt es, an HIPPARCH und BENEDETTI zu denken. Warum sollte es absurd sein, anzunehmen, daß der Impuls mit der Zeit abnimmt, eine Annahme, die von diesen beiden und, wie wir soeben sahen, anfänglich auch von GALILEI gemacht worden ist? Freilich würde diese Annahme offenbar die Einführung einer Konstanten erforderlich machen. Aber wir nehmen eine solche ja auch für die Gravitation an. Ohne Zweifel ist es besser, wenn man sie entbehren kann, wo das möglich ist, und unter diesem Gesichtspunkt ist sicher das spätere Galileische Verfahren besser, bei dem die Wurfbewegung in zwei Komponenten zerlegt wird, deren eine in der Zeit konstant und deren andere gleichförmig beschleunigt ist. Dann aber würde es sich um einen auf Experimente gegründeten Beweis handeln, und zwar auf schwer zu realisierende Experimente, bei denen Reibungen, Luftwiderstand usw. eine Rolle spielen, keineswegs aber wäre das noch eine Deduktion *a priori*. Wollte man jedoch die letztere aufrecht erhalten, so müßte man die Theorie BENEDETTIS deshalb ablehnen, weil sie die zeitliche Veränderung einer Erscheinung voraussetzt; man würde sagen, es sei eine „grundlose“ Veränderung. Was aber heißt das? Wir brauchen es kaum ausdrücklich zu sagen, daß es sich um eine offenbare Anwendung des Postulats der Kausalität oder der Identität in der Zeit handelt; man sieht daraus, daß dieses Postulat in Wahrheit dem scheinbar so strengen Beweis D'ALEMBERTS zu Grunde liegt.

¹ Vgl. TANNERY, a. a. O. Der Oberst HARTMANN hat eine sehr bemerkenswerte Theorie der mechanischen Bewegung entwickelt, die gänzlich auf das Trägheitsprinzip, wie wir es heute formulieren verzichten, und die im Gegenteil auf der Annahme beruht, daß der Körper mit seiner Umgebung ein untrennbares Ganze bildet, und daß die Bewegung des Körpers von materiellen Elementen in dem umgebenden Raum herrührt, „die vom Augenblick seiner Freisetzung an seine Bewegung zuerst hervorrufen und dann unterhalten.“ (Bull. Soc. phil., 5. Jahrg., 1905, S. 103 f.)

* Man denke an die von der allgemeinen Relativitätstheorie postulierte Zurückführung der Gravitation und der Trägheit auf spezielle metrische Eigenschaften des Raumes. Vgl. É. MEYERSON, *La déduction relativiste*, Paris 1925, Passim. Ltn.

Man hat noch auf einem anderen Wege versucht, das Trägheitsprinzip zu beweisen, und zwar gleichfalls durch eine Deduktion; man beruft sich dabei auf das, was man die „Relativität“ der Bewegung oder des Raumes nennt, eine sehr alte Begriffsbildung, die sich schon bei SEXTUS EMPIRICUS und bei NIKOLAUS von Kues findet.¹ Der vollständigste Beweis dieser Art ist der, den KANT in den *Metaphysischen Anfangsgründen* gibt: „Eine jede Bewegung als Gegenstand einer möglichen Erfahrung kann nach Belieben als Bewegung des Körpers in einem ruhigen Raume, oder als Ruhe des Körpers und dagegen Bewegung des Raumes in entgegengesetzter Richtung mit gleicher Geschwindigkeit angesehen werden.“² Das ist die Folge der Tatsache, daß eine absolute Bewegung, d. i. eine auf einen nicht materiellen Raum bezogene, kein Gegenstand möglicher Erfahrung und daher „für uns nichts“ ist; denn der absolute Raum ist „nichts an sich selbst“ und „kein Objekt“. Nun ist aber die Materie träge; „Alle Veränderung der Materie hat eine äußere Ursache“.³ Es ist dies, sagt KANT, das einzige Gesetz, „das Gesetz der Trägheit genannt werden muß.“ In der Tat ergibt es in Verbindung mit dem, was vorangeht, die Formel d'ALEMBERTS; denn einerseits erweist sich die Materie als unfähig anders als unter der Wirkung einer Kraft den Zustand der Ruhe zu verlassen, und andererseits wird die Bewegung in der geraden Linie der Ruhe gleichgestellt. Daher konnte KANT auf den von uns zitierten allgemeinen Satz die Parenthese folgen lassen: „Ein jeder Körper beharrt in seinem Zustand der Ruhe oder Bewegung, in derselben Richtung und mit derselben Geschwindigkeit, wenn er nicht durch eine äußere Ursache genötigt wird, diesen Zustand zu verlassen.“ Er zeigt damit, daß er die beiden Formeln für absolut gleichwertig hält. Wie man sieht, ist dies die Umkehrung des Beweises von SEXTUS EMPIRICUS. Der griechische Skeptiker benutzte Folgerungen aus dem Trägheitsprinzip, um zu beweisen, daß die Bewegung nicht an sich existieren kann; KANT, der auf anderem Wege zu diesem selben Gedanken gekommen war, stützt sich umgekehrt auf ihn, um die Trägheit zu beweisen.

¹ Vgl. oben S. 112 und 114. — Bekanntlich hat DESCARTES dieses Prinzip mit großer Strenge formuliert. *Principes. Oeuvres*, Bd. IX, Paris 1904, II. Teil, Kap. XXVIII, Titel: „Que le mouvement en sa propre signification ne se rapporte qu' aux corps qui touchent celui qu'on dit se mouvoir.“

² KANT, *Gesammelte Schriften*, Akademieausgabe, Bd. IV, S. 487.

³ KANT, a. a. O. S. 543.

MAXWELL¹ hat einen Beweis gegeben, der eine Kombination des d'Alembertschen mit dem Kantischen bildet. Er nimmt an, daß die Bewegung allmählich aufhören könnte. Das wäre also eine Art negativer Beschleunigung, die wir in eine positive verwandeln könnten, indem wir die Bewegung auf einen Körper bezögen, dem wir eine geeignete Bewegung zuschreiben würden. Dieser Beweis vereinigt anscheinend die Unzuträglichkeiten beider Systeme. Soweit er dem Beweis D'ALEMBERTS entspricht, beruht er ganz wie dieser auf dem Prinzip der Kausalität, und im übrigen gründet er sich offenbar auf den Begriff der Relativität der Bewegung wie der Kantische. Übrigens erscheint bei vielen zeitgenössischen Physikern diese Relativität der Bewegung oder des Raumes, allerdings von allem metaphysischen Beiwerk befreit, als eine Art von Axiom (wenngleich es auch, wie wir sehen werden, nicht an entgegengesetzten Ansichten fehlt), und man muß sich eher wundern, daß man sich ihrer nicht zur Begründung des Trägheitsprinzips bedient, wenn man sie schon akzeptiert.

Worin besteht denn nun aber eigentlich diese „Relativität des Raumes“?²

Um den wahren Charakter dieser Vorstellung richtig zu erfassen, wird es vielleicht nicht überflüssig sein, zunächst den Unterschied zwischen der Relativität und der Homogenität des Raumes festzustellen. Die Homogenität ist diejenige Eigenschaft, die aus der freien Beweglichkeit der Körper folgt und die wir als grundlegend für unsere Raumvorstellung erkannt haben. Der Raum erscheint uns also als in allen seinen Orten absolut identisch. Die Tatsache, daß ein Gegenstand seinen Ort geändert hat, kann für sich allein keine andere Veränderung an dem Gegenstand nach sich ziehen. Aber, und das ist sehr wesentlich, daraus folgt keineswegs, daß der Gegenstand, der *im Begriff* ist, seinen Ort zu verändern, d. h. der in Bewegung befindliche Gegenstand mit dem ruhenden identisch

¹ MAXWELL, *Matter and Motion*, London 1902, S. 36.

² Es versteht sich von selbst, daß der Begriff der Relativität des Raumes, wie wir ihn hier behandeln und wie er mit dem klassischen Trägheitsprinzip zusammenhängt, gänzlich von dem verschieden ist, den EINSTEIN in der speziellen und in der allgemeinen Relativitätstheorie benutzt. Über den ersten vgl. weiter unten S. 139. — Vgl. auch unsere Ausführungen über die Beziehungen zwischen demjenigen Begriff der Relativität des Raumes, dessen sich die Kopernikaner mehr oder weniger implizite bedienten, und demjenigen EINSTEINS: *La Déduction relativiste*, § 35 [Zusatz zur 3. Aufl.].

wäre. Gegen eine solche Behauptung sträubt sich unser inneres Gefühl und wird darin durch eine lange Erfahrung unterstützt. Um ein Beispiel zu wählen: ich weiß sehr wohl, daß diese Kanonenkugel dieselben Eigenschaften hat, an welchen Ort des Raumes immer ich sie bringe. Wird sie aber von einer Kanone abgeschossen und durchfliegt den Raum mit einer Geschwindigkeit von mehreren hundert Metern pro Sekunde, so werden ihre Eigenschaften erheblich verändert und ich werde mich hüten, mit ihr in Berührung zu kommen, wie ich das mit der ruhenden tue. Lange nachdem DESCARTES das Trägheitsprinzip verkündet und es in seiner ganzen Bedeutung erkannt hatte, hielt er noch immer an dem Glauben fest, daß dieselbe Kraft auf einen bewegten Körper anders wirken müsse als auf einen ruhenden und daß diese Wirkung sogar von der Geschwindigkeit abhängen müsse, mit welcher der Körper sich fortbewegt.¹

Ist es denn aber richtig, daß, wie DESCARTES sagt, die Bewegung „sich in ihrer eigentlichen Bedeutung nur auf die Körper bezieht, die den berühren, von dem gesagt wird, er bewege sich“?

Kein Zweifel, daß DESCARTES dieses Prinzip manchmal ebenso gut auf die Rotationsbewegung wie auf die Translationsbewegung anwendete. Bekanntlich ist nach seiner Theorie die Erde von dem „Stoff des Himmels“ umgeben, und DESCARTES beweist, daß, wenn die beiden dieselbe Rotationsbewegung hätten, die Erde als ein Körper angesehen werden müßte, „der gar keine Bewegung besitzt“, und auf dem infolgedessen auch die Wirkungen der Zentrifugalkraft sich nicht bemerkbar machen könnten.²

Nehmen wir an, zwei Körper seien im Weltall vollkommen isoliert und bewegen sich gleichförmig und geradlinig. Ihre Bewegungen erscheinen uns als relativ, denn wir können nach Belieben den einen von ihnen als ruhend ansehen und dem anderen eine passende Geschwindigkeit beilegen. Nehmen wir jetzt an, der eine der beiden Körper stünde still und der andere beschreibe einen Kreis um ihn; das Ergebnis wird dasselbe sein, als wenn der erste sich im entgegengesetzten Sinne um seine Achse gedreht hätte. Können wir aber die

¹ DESCARTES, *Oeuvres*, Bd. I, Paris 1897, S. 216 (Lettre à MERSENNE, 1632).

² DESCARTES, *Principes. Oeuvres*, Bd. IX, Paris 1904, IV. Teil, Kap. XXI—XXII. — WUNDT (*Die physikalischen Axiome*, Erlangen 1866, S. 37) hebt mit Recht hervor, daß im allgemeinen die kartesischen Wirbel mit dem Trägheitsprinzip in offenbarem Widerspruch stehen.

erste Bewegung wirklich durch die zweite ersetzen? Wenn man das behauptet, so muß man annehmen, daß der feststehende Körper, wenn er flüssig wäre, durch die Bewegung des anderen eine Abplattung erführe, die derjenigen gleich wäre, welche von einer Rotation um seine eigene Achse erzeugt würde; es ist aber sicher, daß wir nur ungern diese Konsequenz akzeptieren. NEWTON hat dieses Problem in seinen *Principia* in bewunderungswürdiger Weise erörtert: „Man hänge, sagt er, ein Gefäß an einem sehr langen Faden auf, drehe dasselbe beständig im Kreise herum, bis der Faden durch die Drehung sehr steif wird; hierauf fülle man es mit Wasser und halte es zugleich mit letzterem in Ruhe. Gibt man nun dem Faden die Freiheit sich aufzudrehen, so erhält dadurch das Gefäß eine Kreisbewegung, und diese hält, während der Faden sich ablöst, längere Zeit an: es wird die Oberfläche des Wassers anfangs eben sein, wie vor der Bewegung des Gefäßes; hierauf aber, wenn die Bewegung sich allmählich auf das Wasser überträgt, fängt dieses an, sich umzudrehen. Es entfernt sich nach und nach von der Mitte und steigt an den Wänden des Gefäßes in die Höhe, indem es eine hohle Form annimmt, wie ich es selbst ausprobiert habe. Indem nun die Bewegung des Wassers mehr und mehr zunimmt, steigt sein Rand immer höher, bis die Umdrehungen des Wassers sich in der selben Zeit vollenden, in der das Gefäß seine Umdrehung ausführt; dann wird sich das Wasser relativ zu dem Gefäß in Ruhe befinden. Das Aufsteigen des Wassers nach den Wänden des Gefäßes zeigt sein Bemühen an, sich von dem Zentrum der Bewegung zu entfernen, und man kann daran die wahre und absolute Kreisbewegung des Wassers erkennen und messen, die seiner relativen Bewegung völlig entgegengesetzt ist. Denn im Anfang, als die relative Bewegung des Wassers im Gefäß am größten war, verursachte dieselbe in ihm kein Bestreben, sich von der Achse zu entfernen. Das Wasser suchte nicht, sich dem Umfang zu nähern, indem es an den Wänden emporstieg, sondern blieb eben, und die wahre kreisförmige Bewegung hatte daher noch nicht begonnen. Nachher aber, als die relative Bewegung des Wassers abnahm, deutete sein Aufsteigen an den Wänden des Gefäßes das Bestreben an, von der Achse zurückzuweichen, und dieses Bestreben zeigte die stets wachsende wahre Kreisbewegung des Wassers an, bis diese endlich am größten wurde, wenn das Wasser selbst relativ im Gefäß ruhte. Das Bestreben des Wassers, sich von der Achse

seiner Bewegung zu entfernen, hing also keineswegs von seiner Translation in bezug auf die umgebenden Körper ab, und folglich kann man die wahre Kreisbewegung nicht durch solche Translationen bestimmen“.¹ Dies sind, nach NEWTON, „die Wirkungen, durch die man die absolute von der relativen Bewegung unterscheiden kann.“ Und die vorstehende Erörterung soll die Behauptung stützen, die an Deutlichkeit nichts zu wünschen übrig läßt: „der absolute Raum bleibt vermöge seiner Natur und ohne Beziehung auf einen äußeren Gegenstand stets gleich und unbeweglich“.² Das ist, wie man sieht, das genaue Gegenstück der Gedanken DESCARTES und auch derjenigen KANTS.

Aber unter dem Gesichtspunkt, der uns im Augenblick beschäftigt, ist die Erörterung NEWTONS in der Tat entscheidend, denn sie klärt uns über die Gründe auf, aus denen wir bei der Relativität der Rotationsbewegung ein Gefühl des Zögerns gespürt haben. Dafür erkennen wir auf der anderen Seite auch die wahre Quelle unserer Gewißheit hinsichtlich der Relativität der geradlinigen Bewegung. Wir haben geglaubt, sie aus abstrakten Überlegungen über den Raum ableiten zu können, den wir zuvor künstlich jedes physikalischen Inhalts beraubt hatten, so daß er nichts mehr enthielt, woran man Bezugspunkte hätte anheften können. In Wahrheit hatte aber unser Gedächtnis das Bild des Raumes aufbewahrt, wie wir ihn sehen, des mit Körpern ausgestatteten physikalischen Raumes; und wenn wir die Relativität der geradlinigen Bewegung ohne Zögern anerkannt haben, so geschah das, weil diese Bewegung im physikalischen Raum wirklich relativ ist. Die äußerst rasche Bewegung, mit der die Erde den Raum durchheilt, übt auf die Bewegungen der ponderablen irdischen Massen absolut keinen Einfluß aus: das ist ja gerade der Grund, weshalb jene Bewegung so schwer zu bestimmen ist. Dagegen kann die sehr viel langsamere tägliche Drehbewegung sehr wohl durch irdische Erscheinungen zur Anschauung gebracht werden, z. B. durch das Foucaultsche Pendel. Diese Drehbewegung ist nicht auf das Sonnensystem noch sonst auf irgendein begrenztes System bezogen, das wir angeben könnten. Sie ist bezogen auf das *Himmelsgewölbe*, d. h. auf die Gesamtheit

¹ NEWTON, *Mathematische Prinzipien der Naturlehre*. Übers. v. WOLFERS, Berlin 1872, S. 29 f.

² A. a. O. S. 25.

der Körper des Weltalls in ihrer räumlichen Verteilung, m. a. W. wiederum auf den absoluten Raum, wie NEWTON es ausgesprochen hat. Es ist übrigens klar, daß auch die geradlinige Bewegung nicht immer als relativ angesehen werden kann. Sie ist das eigentlich nur, soweit sie gleichförmig ist. Würde die Erde in ihrer Translationsbewegung eine Beschleunigung erfahren und wäre diese selbst winzig im Vergleich zu den Geschwindigkeiten, die wir gewöhnlich den Himmelskörpern zuschreiben, so würden wir doch nicht verfehlen sie zu bemerken.

Wir wollen jedoch bemerken, daß, wenn wir vom absoluten Raum sprechen, wir den mit Körpern erfüllten physikalischen Raum meinen. Es ist nämlich wichtig, die Überlegungen, die wir soeben angestellt haben, reinlich zu trennen von den metaphysischen Ansichten über die Existenz oder Nichtexistenz des Raumes an sich. Diese Vorsicht ist keineswegs überflüssig. Wie wir gesehen haben, hat schon SEXTUS EMPIRICUS die Relativität der geradlinigen Bewegung benutzt, um (wenn man seine Gedanken in die moderne Ausdrucksweise übersetzen darf) zu beweisen, daß der Raum nicht an sich existiert. Seine Argumentation wird durch NEWTONS Beweis völlig hinfällig. Sollen wir daraus schließen, daß die entgegengesetzte metaphysische Behauptung nunmehr bewiesen sei? NEWTON selbst hat das wahrscheinlich geglaubt,¹ und jedenfalls haben die Philosophen seinen Erklärungen häufig diesen Sinn untergelegt. Dennoch besteht hier gar keine notwendige logische Verknüpfung. Wir können uns sogar die Prüfung der Frage ersparen, ob die These von der Existenz des Raumes sich das Newtonsche Argument dann zunutze machen könnte, wenn wir annehmen, daß die Körper, die die Orientierung des Koordinatensystems angeben, lediglich die Rolle von Bezugspunkten spielen. Ebenso wenig ist es nötig, wenn man von der absoluten Bewegung spricht, diese vom philosophischen Gesichtspunkt aus zu betrachten und dem bewegten Körper nach einem treffenden Ausdruck BERGSONS „ein Inneres und so etwas wie einen Seelenzustand“² zuzuschreiben. In der Tat können wir ja die Eigen-

¹ Es scheint, daß NEWTON in dieser Frage die Ideen HENRY MORES über die Realität des leeren Raumes übernommen hat. Vgl. hierüber LUDWIG LANGE, *Die geschichtliche Entwicklung des Bewegungsbegriffs* usw., Leipzig 1886, S. 44.

² HENRI BERGSON, *Introduction à la métaphysique*, Revue de métaphysique, XI, 1903, S. 2.

schaften des mit Körpern erfüllten Raumes den Körpern zuschreiben anstatt dem Raume. Diese Deutung, die sich schon bei BERKELEY abzeichnet,¹ liegt der Argumentation MACHS gegen NEWTON zugrunde. Die Tatsache, daß die Drehbewegung des Wassers sich auf das Himmelsgewölbe bezieht und nicht auf die Wände des Gefäßes, könnte, meint MACH, sehr wohl daran liegen, daß diese Wände im Vergleich zu den Himmelskörpern eine verschwindende Masse besitzen. „Niemand kann sagen, wie der Versuch verlaufen würde, wenn die Gefäßwände immer dicker und massiger, zuletzt mehrere Meilen dick würden“.² Vom experimentellen Standpunkt aus könnte man allerdings einwenden, daß es keinen Versuch gibt, aus dem sich schließen ließe, daß die Dicke der Wände einen Einfluß auf die Rotationsbewegung des Wassers in einem Gefäß ausübt. Daher kann die Argumentation MACHS auch den Newtonschen Beweis nicht erschüttern. Nach unserer Ansicht aber zeigt sie deutlich, daß man diesen Beweis von allen metaphysischen Ideen über den Raum vollständig trennen kann.³

Dafür erkennen wir jetzt, daß Deduktionen wie die oben von uns versuchte, bei denen man von dem von Körpern befreiten Raum ausgeht, uns zum Beweise des Trägheitsprinzips gar nichts nützen können. Es versteht sich von selbst, daß in einem Raum, in dem es gar keine Bezugspunkte gibt, jede Bewegung als relativ erscheinen muß. Was die beiden Körper auch für Bahnen beschreiben mögen, wir werden sie immer durch die Bewegung des einen von ihnen er-

¹ BERKELEY, *De motu. Works*, Ausg. FRASER, London 1871, Bd. III, § 59. *Concipiantur porro duo globi et praeterea nil corporeum, existere. Concipiantur deinde vires quomodocunque applicari; quicquid tandem per applicationem virium intelligamus, motus circularis duorum globorum circa communi centrum nequit per imaginationem concipi. Supponamus deinde coelum fixarum creari: subito ex conceptu impulsu globorum ad diversos caeli istius partes motus concipietur.* — Vgl. daselbst § 64.

² ERNST MACH, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*, Leipzig 1904, S. 247. MACH nennt sich allerdings einen Anhänger der Relativität des Raumes, aber in einem ganz besonderen Sinne. Der von ihm verworfene Gedanke läuft auf das hinaus, was wir als absoluten metaphysischen Raum bezeichnet haben.

³ Es versteht sich von selbst, daß man an Stelle der Gesamtheit der Körper auch den Äther einführen kann. Dieser ist allerdings weiter nichts als eine Hypostase des Raumes (vgl. S. 260 f.), aber eine solche des *physikalischen Raumes*. Das Wesentliche ist, daß man diese Eigenschaften nicht dem eigentlichen Raum, sondern dem zuschreibt, was ihn erfüllt. — Bekanntlich ist inzwischen die Auffassung MACHS der Ausgangspunkt für EINSTEINS allgemeine Relativitätstheorie geworden [Zusatz zur 3. Auflage].

setzen können. Dagegen wissen wir, daß die Drehbewegung absolut wird, sowie wir zum physikalischen Raum übergehen. Wenn zwei Körper sich einander nähern, so können wir immer die Bewegung nach Belieben einem von ihnen zuschreiben; dreht sich aber ein Kreisel auf einem Tisch, so bleibt der Kreisel aufrecht stehen, er würde aber umfallen, wenn wir versuchten, während er in Ruhe ist, dem Tisch eine entgegengesetzte Drehung zu erteilen. Dieser Unterschied zwischen der geradlinigen Bewegung und der Rotation bildet einen integrierenden Bestandteil des Trägheitsgesetzes, und dieser Unterschied läßt sich aus Betrachtungen über den leeren Raum nicht erklären.¹

Es ist sehr merkwürdig, daß sich die Auffassung NEWTONS trotz der großen Autorität seines Namens in der Wissenschaft nicht vollständig hat durchsetzen können. Allerdings haben viele Physiker sie in der Folge angenommen, z. B. EULER (der sie in seiner *Theoria motus* sehr nachdrücklich auseinandergesetzt hat),² POINSOT,³ C. NEUMANN,⁴ um nur diese paar berühmten Namen anzuführen, und auch heute noch findet man sie zuweilen genannt.⁵ Dennoch ist die Auffassung von der Relativität des Raumes sicher viel weiter verbreitet.⁶ Sie ist sozusagen die landläufige Ansicht in den Darstellungen der Prinzipien der Naturwissenschaft. Es ist aber durchaus nicht leicht, sich streng an sie zu halten. Um sich davon zu überzeugen, braucht man nur die Formulierung des Trägheitsprinzips zu untersuchen, die wir nach D'ALEMBERT zitiert haben.

¹ Streng genommen könnte man behaupten, daß das Trägheitsprinzip in dem Sinne, den wir ihm heute geben, erst seit jener Erörterung NEWTONS vollständig vorliegt; betrachtete doch DESCARTES, wie wir gesehen haben, die Rotation der Erde noch als eine „relative“ Bewegung.

² L. EULER, *Theoria motus*, Rostock 1765, Kap. II, § 78 f.

³ POINSOT, *Théorie nouvelle de la rotation des corps*, Paris 1852, S. 51.

⁴ CARL NEUMANN, *Über die Prinzipien der Galilei-Newtonschen Theorie*, Leipzig 1870.

⁵ Vgl. z. B. LODGE, *Nature*, Bd. LVII, 1894, A. B. BASSET daselbst, ANDRADE, *Les idées directrices de la mécanique*, *Revue philosophique*, Bd. XLVI, 1898, S. 400, und vor allem PAINLEVÉ, *Les axiomes de la mécanique et le principe de causalité*, *Bulletin de la société française de philosophie*, 5. Jahrg. 1905, S. 27 ff. — Vgl. auch HENRI BERGSON, *Matière et Mémoire*, Paris 1903, S. 214.

⁶ Ohne Zweifel hat H. POINCARÉ der Meinung der meisten heutigen Physiker Ausdruck gegeben, wenn er sagt, die Tatsache, daß man die absolute Rotationsgeschwindigkeit messen könne, „erregt zwar Anstoß bei dem Philosophen“; der Physiker sei aber genötigt sie anzunehmen (*Des fondements de la géométrie*, *Revue de métaphysique*, Bd. VII, 1899, S. 269).

Was ist denn der ruhende Körper, von dem im ersten Teil der Rede ist? Alle uns bekannten Körper sind in Bewegung, sogar die Fixsterne; diese Aussage wäre also unanwendbar und folglich überflüssig. Der zweite Teil gewährleistet die Fortsetzung der gleichförmigen geradlinigen Bewegung, d. h. der scheinbaren Ruhe; er leistet also das, was wir von dem ersten erwarteten; man müßte nur eine Formulierung hinzufügen, die sich auf die Zusammensetzung der Bewegungen bezieht, um dadurch den jetzigen zweiten Teil zu ersetzen. Die Ausdrücke „Ruhe“ und „Bewegung“, die in der jetzigen Formulierung des Prinzips vorkommen, würden dann also weiter nichts bedeuten als scheinbare Ruhe bzw. Bewegung relativ zu den benachbarten Körpern. Aber diese relativistische Ausdrucksweise findet sich auch bei den Anhängern des absoluten Raumes, sogar bei NEWTON selbst.¹ Übrigens enthält derselbe Satz von D'ALEMBERT neben diesen die Relativität der Bewegung voraussetzenden Ausdrücken einen anderen, der einen entgegengesetzten Sinn hat. Was ist nämlich die gerade Linie, in der sich der Körper nach dem Ausdruck D'ALEMBERTS bewegen soll? Wie stellt man es an, um sie festzulegen, in bezug auf welche Gegenstände oder welche Gesamtheit von Gegenständen geschieht das? Eine Bewegung, die von der Erde gesehen geradlinig erscheint, wird, wie C. NEUMANN mit vollem Recht bemerkt,² von der Sonne aus als gekrümmt erscheinen. Tatsächlich zweifelt ja niemand daran, daß eine Inertialbewegung von der Bewegung der benachbarten Himmelskörper völlig unabhängig ist und daß jene Gerade durch Bezugspunkte bestimmt ist, die am „Himmelsgewölbe“ festliegen; in dieser Hinsicht erscheint uns der Raum als erfüllt von unendlich vielen absolut starren Koordinatensystemen.³

Man kann bis zu einem gewissen Grade den Schein der Relativität aufrechterhalten, indem man festsetzt, daß die Bewegung geradlinig ist in bezug auf eine andere Inertialbewegung oder ein System von

¹ NEWTON, a. a. O. S. 32.

² C. NEUMANN, a. a. O. S. 14.

³ Es scheint durchaus, als hätte die Physik zu einer gewissen Zeit ein Prinzip wenigstens stillschweigend anerkannt, das man als Prinzip der Relativität der Bewegung bezeichnen könnte. Wir haben versucht, seine Tragweite zu bestimmen (vgl. Anhang II) und man wird dort sehen, daß es durchaus nicht mit unserem heutigen Trägheitsprinzip zusammenfällt. Bezüglich desjenigen Relativitätsprinzips, das im Sinne der heutigen Elektronentheorie aufgefaßt wird, vgl. weiter unten S. 139 f.

solchen. Formulierungen dieser Art sind von STREINTZ¹ und LUDWIG LANGE² vorgeschlagen worden, und aus EULERS *Theoria motus* sieht man,³ daß er einen ähnlichen Gedanken hatte. STREINTZ bezeichnet als „Fundamentalkörper“ einen beliebigen Körper, der keine Rotation ausführt und der als vollkommen unabhängig von allen umgebenden Körpern betrachtet werden kann. Von dem ersten Umstand kann man sich durch direkte Versuche, z. B. durch das Pendel oder das Gyroskop von FOUCAULT überzeugen.⁴ Bekanntlich zeigen diese Instrumente die absolute Rotationsgeschwindigkeit an, nicht nur die Änderungen der Geschwindigkeit, wie das bei der Untersuchung einer Translationsbewegung der Fall ist. Das Trägheitsprinzip besteht dann in der Aussage, daß bezüglich eines solchen Fundamentalkörpers oder eines damit verbundenen Bezugssystems, das STREINTZ als „Fundamental-Koordinatensystem“ bezeichnet, jeder andere Körper, der keiner fremden Einwirkung unterworfen ist, sich in gerader Linie und mit konstanter Geschwindigkeit bewegt. L. LANGE betrachtet die Bewegungen dreier „materieller Punkte“ auf drei sich in einem Punkte schneidenden Geraden und bezieht die Bewegungen aller anderen Körper auf dieses „Inertialsystem“; die Annahme, daß diese drei ursprünglichen Punkte sich gleichförmig und geradlinig bewegen, ist eine Übereinkunft; legt man sie zugrunde, so kann die analoge Aussage über die anderen Körper als experimentelle Wahrheit betrachtet werden. — Das Streintzsche System hat den großen Vorzug, daß es der Art und Weise, wie wir wirklich vorgehen, ungefähr entspricht. Zur Berechnung irdischer Bewegungen bedienen wir uns in den meisten Fällen eines mit der Erde starr verbundenen Bezugssystems, ohne ihre Rotation zu berücksichtigen; denn wir wissen aus Erfahrung, daß die Bewegung eines Punktes der Erdoberfläche in diesem Falle als Inertialbewegung angesehen werden kann, weil die Winkelgeschwindigkeit zu gering ist, um einen Einfluß zu üben. Bei astronomischen Messungen benutzen wir ein Bezugssystem, das nach Bezugspunkten des Himmelsgewölbes orientiert ist: das bietet den Vorteil, daß es

¹ STREINTZ, *Die physikalischen Grundlagen der Mechanik*, Leipzig 1883, S. 24—25.

² Vgl. die Zitate auf S. 22, Anm. 2.

³ EULER, a. a. O. § 100.

⁴ In *Revue générale des sciences*, 1904, S. 881, findet man die Beschreibung eines neuen Apparates, der aber gleichfalls auf dem Prinzip des Gyroskops beruht.

eine sehr genaue Bestimmung ermöglicht. Aber der Grund liegt eigentlich in unserer durch den Foucaultschen Versuch bestätigten Überzeugung, daß dies das System ist, worin die Schwingungsebenen festliegen. Stellen wir uns jedoch einen Planeten mit sehr schneller Rotation vor, dessen Atmosphäre derart mit Dampf erfüllt wäre, daß die Bewohner den Himmel nicht sehen könnten! Dann würden ihnen Pendel und Gyroskop trotzdem unveränderliche Bezugssysteme liefern. LANGES Theorie erscheint demgegenüber etwas künstlich: seine drei materiellen Punkte sind durchaus ideeller Natur.¹ Aber keines der beiden Systeme erschüttert im geringsten den Newtonschen Beweis. Der Streintzsche Fundamentalkörper ebenso wie das Langesche Inertialsystem sind im Grunde, wie das auch MACH anerkannt hat,² weiter nichts als Surrogate für das auf die Fixsterne bezogene Koordinatensystem. Behauptet man mit L. LANGE, daß es sich für die drei zuerst betrachteten Punkte nur um eine Übereinkunft handle, so weigert man sich entweder die Tatsache zu berücksichtigen, daß die Orientierung des Systems in bezug auf gewisse Punkte des Himmelsgewölbes unverändert bleibt, wodurch ihm dieser konventionelle Charakter entzogen wird, oder man bedient sich des Ausdrucks „Übereinkunft“ in einem besonderen Sinne. Gegen die Annahme, daß das Himmelsgewölbe, d. h. das ganze uns sichtbare Universum, eine beliebige Bewegung ausführt, spricht nämlich nichts als die Tatsache, daß eine solche Annahme völlig müßig wäre und eine Verletzung des wesentlichen Denkgesetzes bedeuten würde, das der berühmten Occamschen *Maxime* zugrunde liegt: *entia non esse multiplicanda praeter necessitatem*. Allerdings kann man behaupten, daß wir jedesmal dann eine Übereinkunft treffen, wenn wir dieses Grundprinzip befolgen und unnötige Komplikationen in unseren Vorstellungen vermeiden. Diese Übereinkunft ist aber dann ein allgemeines Gesetz unseres Denkens und liegt allen unseren Urteilen ohne Ausnahme zugrunde. Sie ist selbstverständlich immer stillschweigend mitgedacht, aber es ist ganz überflüssig, ihre Anwendung in einem Falle wie dem vorliegenden besonders hervorzuheben.

¹ Diese Theorie hat noch den anderen Nachteil, daß bei ihr die Zeitmessung vom Trägheitsprinzip abhängig wird (vgl. oben S. 22 f.).

² MACH, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*, 5. Aufl., Leipzig 1904, S. 255. Vgl. auch KLEINFETER, *Archiv f. systematische Philosophie*, Bd. VI, 1900, S. 469.

Ein Vorschlag, der von denen von LANGE und von STREINTZ ganz verschieden ist, war schon früher von CARL NEUMANN gemacht worden.¹ NEUMANN nimmt an, daß irgendwo im Raum ein Körper existiert, den er „Alpha“ nennt, und der sich in völliger Ruhe befindet. Dadurch, daß jede Bewegung auf diesen Körper bezogen wird, wird sie wirklich zu einer absoluten, auch wenn sie geradlinig und gleichförmig ist. Eine ähnliche Ansicht hatte schon EULER entwickelt, der den Körper A nennt,² und noch vor ihm hatte NEWTON diese Ansicht verworfen, nachdem er sie geprüft hatte.³ Er hat übrigens seine Gründe klar angegeben: angenommen, dieser unbewegliche Körper existierte, so könnte er uns doch, da er uns unzugänglich ist, für unsere Bestimmungen nichts nützen. Das läßt sich nicht bestreiten, und vom praktischen Standpunkt ist jedenfalls ein System wie das von STREINTZ vorzuziehen. Aber der Vorschlag NEUMANNs macht es sozusagen handgreiflich, daß unseren Formeln für die Bewegung in der Tat der absolute Raum zugrunde liegt. Maskiert wird diese Tatsache nur durch den Umstand, daß wir der gleichförmigen geradlinigen Bewegung wegen des Trägheitsprinzips nur eine relative Bedeutung zuschreiben können. Betrachtet man aber die Sache vom Standpunkt der reinen Logik aus, so ist klar, daß, wenn der Raum in gewisser Hinsicht als absolut und in anderer als relativ gedacht werden muß, die erste dieser beiden Annahmen über die zweite siegen muß. Denn das Absolute kann zwar momentan als relativ erscheinen wegen der Unzulänglichkeit unseres Wissens, aber es ist unmöglich, aus etwas Relativem etwas Absolutes zu konstruieren. — Es ist übrigens beinahe überflüssig, zu betonen, daß sich unser Vorstellungsvermögen in keiner Weise gegen die Idee eines absoluten Raumes sträubt. Wir haben ja gesehen, daß diese Vorstellung bis zur Einführung des Trägheitsprinzips die Physik beherrscht hat; und sicher kostet es uns eine große Anstrengung, uns an den Gedanken zu gewöhnen, daß die Ruhe der irdischen Körper nur eine scheinbare ist.

¹ NEUMANN, a. a. O.

² EULER, a. a. O. § 99.

³ NEWTON, a. a. O. S. 28: „Da es nun möglich sein kann, daß irgendein solcher Körper in der Nähe der Fixsterne oder weit jenseits derselben absolut ruhe, man aber durch die gegenseitige Lage der Körper in unserer Nähe nicht wissen kann, ob einer von diesen gegen jenen entfernten dieselbe Lage behält, so kann die wahre Ruhe aus der Lage dieser unter sich nicht abgeleitet werden.“

Es ist übrigens nicht ausgeschlossen, daß es sich hierbei nur um eine vorübergehende Phase der wissenschaftlichen Entwicklung handelt. Die elektrischen Theorien scheinen zu beweisen, daß man nicht nur die Bewegungen der ponderablen Körper relativ zueinander berücksichtigen muß, sondern auch die Bewegungen dieser Körper in bezug auf das universelle Medium, den Äther. Der Gegenstand ist sehr kompliziert, auch sind die Arbeiten von H. A. LORENTZ und MICHELSON — um nur diese beiden berühmten Namen zu nennen — den Physikern zu bekannt, als daß es Zweck hätte, hier einen kurzen Auszug aus ihnen zu geben. Die Andeutung mag genügen, daß es sich darum handelt, aus gewissen Erscheinungen die absolute Bewegung der Erde in bezug auf den Äther zu bestimmen. Bisher allerdings ist man nur zu widersprechenden Ergebnissen gekommen, wie wir das schon oben erwähnt haben.¹ Aber die bloße Tatsache, daß man nach diesem Datum suchen konnte, beweist schon, daß dieses Suchen nicht absurd gewesen sein kann. Das erkennt übrigens auch H. POINCARÉ an, der trotzdem an der Relativität des Raumes festhält.² Es scheint uns übrigens, daß die Überlegungen, die sich auf die Auffassung NEWTONS gründen, genügen, um zu beweisen, daß die Frage nicht sinnlos ist. Außerdem wird durch nichts bewiesen, daß derartige Untersuchungen immer unfruchtbar bleiben müssen. Was würde nun aber geschehen, wenn es wirklich gelänge, unsere Bewegung relativ zum Äther festzustellen? Gewiß könnte man sagen, daß es sich wiederum nur um eine relative Bestimmung handle, und nichts würde uns hindern, anzunehmen, daß der Äther selbst sich im Raume bewegt. Aber das wäre ein Verstoß gegen OCCAMS Maxime. Es ist daher unendlich viel wahrscheinlicher, daß wir dann endlich auf die konsequente Auffassung zurückkämen, daß der Raum und die Bewegung absolut sind und die scheinbare Relativität der geradlinig gleichförmigen Bewegung nur eine einfache Folge des Trägheitsprinzips ist.

Wir müssen jedoch zugeben, daß, wenn man nur die neueste Entwicklung der Physik in Betracht zieht, diese Eventualität als unendlich fernliegend erscheinen dürfte. Es ist nämlich aus den eben er-

¹ Vgl. S. 56.

² H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse*, S. 201. In einem neueren Werk (*Science et méthode*, Paris 1908, S. 233) urteilt POINCARÉ gleichfalls, daß eine Bestimmung der absoluten Geschwindigkeit der Erde (in bezug auf den Äther) „vielleicht weniger anstößig wäre, als es zunächst erscheinen mag.“

wähnten widersprechenden Ergebnissen der Messung der absoluten Erdbewegung im Äther eine ganz neue Theorie entstanden, die sog. „Lokalzeittheorie“, die hauptsächlich von EINSTEIN und dem leider zu früh verstorbenen MINKOWSKI geschaffen worden ist. Für eine eingehende Darstellung dieser Auffassungen verweisen wir auf die schöne Arbeit von LANGEVIN. Für jeden, der nicht über die experimentellen Tatsachen und die mathematischen Überlegungen, aus denen die Theorie sich entwickelt hat, auf dem laufenden ist, hat sie ja etwas eigentümlich Verwirrendes und schwer zu Fassendes. Wir müssen jedoch hervorheben, daß der Grundgedanke der Theorie der Gedanken der Relativität ist, einer absoluten Relativität sozusagen, wenn man diese beiden Ausdrücke verbinden darf, die sich gegenseitig auszuschließen scheinen. „Befinden sich verschiedene Gruppen von Beobachtern zueinander in gleichförmiger Translation (das ist z. B. für die an die Erde gebundenen Beobachter in verschiedenen *Positionen* dieses Planeten in seiner Bahn der Fall), so werden alle mechanischen und physikalischen Erscheinungen für sämtliche Beobachtergruppen den gleichen Gesetzen gehorchen. Keiner von ihnen kann durch Versuche innerhalb des materiellen Systems, an das er gebunden ist, die gleichförmige Translation des ganzen Systems nachweisen“.¹ Diese Relativität zieht also sehr merkwürdige und wichtige Konsequenzen nach sich. Sie zwingt uns, unsere Zeitauffassung ganz und gar umzustürzen, denn auch sie wird relativ. Bis zu welchem Grade diese Ansichten sich von dem entfernen, was wir gewöhnt sind, als die natürliche Auffassung der Bewegungserscheinungen zu betrachten, das lehrt das folgende Beispiel, das derselbe Kenner der Theorie anführt: „Eine erste Gruppe von Beobachtern sieht eine Lichtwelle sich mit einer Geschwindigkeit von dreihunderttausend Kilometern in der Sekunde ausbreiten, und gleichzeitig sieht sie eine andere Beobachtergruppe mit einer beliebigen Geschwindigkeit hinter jener Welle herlaufen; dennoch wird diese zweite Gruppe die Lichtwelle sich mit derselben Geschwindigkeit ausbreiten sehen wie die erste Gruppe“.² So führt also die Relativität hier zu Vorstellungen, denen sich unser Verstand sicher nur mit großer Mühe anbequemt. Daraus folgt

¹ P. LANGEVIN, *L'évolution de l'espace et du temps*, Scientia, 1. Juli 1911, S. 35.

² LANGEVIN, *L'évolution de l'espace et du temps*, Revue de métaphysique, Juli 1911, S. 453.

anscheinend ganz klar, daß diese Idee der Relativität nicht als axiomatisch behandelt und zur Grundlage für eine apriorische Deduktion genommen werden kann.*

Folglich können wir keinen der beiden Beweise *a priori* für das Trägheitsprinzip anerkennen. Wie eine tiefere Analyse des Prinzips selbst erweisen wird, ist der Begriff der Trägheit keineswegs eine instinktive Vorstellung unseres Geistes, die von der späteren Reflexion nur ans Licht gezogen wird (das ist offenbar die Definition der Apriorität), sondern diese Vorstellung ist im Gegenteil für unseren Verstand anstößig.

Das Trägheitsprinzip behauptet die Erhaltung der Geschwindigkeit dem Betrage und der Richtung nach. Geschwindigkeit ist die in der Zeiteinheit durchmessene Strecke, oder wenn man will, der Quotient aus dem zurückgelegten Weg und der abgelaufenen Zeit, wobei alle beide Größen in willkürlichen Einheiten gemessen werden: $v = \frac{s}{t}$.

Diese Definitionen sind richtig, vorausgesetzt, daß man sich erinnert, daß die Ausdrücke *Zeit* und *Weg* hier in einem besonderen Sinne gebraucht werden. „*Weg*“ bedeutet Länge einer durch zwei Punkte begrenzten Linie und „*Zeit*“ soviel wie Zeitraum, d. h. eine gleichfalls zwischen bestimmten Grenzen eingeschlossene Dauer. Dies ist die natürliche, einzig und allein unserem unmittelbaren Gefühl angemessene Auffassung. Man sieht daraus, wie paradox es ist, zu behaupten, daß gerade die Geschwindigkeit erhalten bleiben soll, eine abgeleitete und abstrakte Größe, zu deren Definition der Limesbegriff gebraucht wird. Es liegt darin ohne Zweifel etwas für unser Denken Anstößiges. Bewegung bedeutet ursprünglich *Ortsveränderung*; bis auf GALILEI und DESCARTES hat man sie immer so verstanden. ARISTOTELES setzt sie gleich einer *Veränderung*. Aber die Veränderung vollzieht sich zwischen bestimmten Grenzen; daher betrachtete man auch die Bewegung, wenn sie geradlinig war, immer als auf ein Ziel gerichtet. „Es gibt keine Veränderung, die ewig wäre“, sagt ARISTOTELES, wo er von der Bewegung spricht, „denn von Natur verläuft jede Veränderung von einem gewissen Zustand zu

* Die Betrachtungen des Textes entsprechen der Lage um das Ende des ersten Dezenniums dieses Jahrhunderts. Der allgemeinen Relativitätstheorie trägt der Verfasser in dem Werke: *La Déduction relativiste* Rechnung. Ltn.

einem anderen; daraus folgt notwendig, daß jede Veränderung die beiden Gegensätze, zwischen denen sie stattfindet, zu Grenzen hat“.¹ „Der Impuls ist weiter nichts als die Bewegung, die von dem Beweger selbst oder einem anderen ausgeht und zu einem anderen hingeht“.²

Diese Auffassung der Ortsveränderung als einer Art der *Veränderung* ist unserem natürlichen Gefühl ganz angemessen. Die Physiker allerdings bekämpfen sie, wenn sie die Vorstellung der Trägheit begründen wollen. „Man darf nicht glauben“ sagt EULER, „daß dieses Verharren in demselben Zustande allemal das Bleiben an einerlei Ort in sich schließt. Das geschieht freilich dann, wenn der Körper schon in Ruhe ist. Aber bewegt er sich und bewegt er sich mit einerlei Geschwindigkeit und in einerlei Richtung, so sagt man ebenfalls, daß er in seinem Zustande verharre, ob er gleich alle Augenblicke seinen Ort ändert“.³ Aber die Lage, der Ort erscheinen uns gewiß als viel realer als die Geschwindigkeit und sogar als die Richtung. Man muß nämlich darauf hinweisen, daß diese beiden wesentlichen Bestandteile des Trägheitsprinzips gleichberechtigt sind; wir haben gesehen, daß man sich in den Beweisen *a priori* um die Geschwindigkeit kümmert, während man die Erhaltung der Richtung als etwas betrachtet, das keines Beweises bedarf. Dieses Gefühl ist zuweilen von Physikern ausdrücklich ausgesprochen worden: LAPLACE⁴ und POISSON⁵ urteilten, daß das Trägheitsprinzip hinsichtlich der Richtung als *a priori*, dagegen hinsichtlich der Geschwindigkeit als *a posteriori* anzusehen sei. Es ist aber keineswegs so, daß die Vorstellung der geradlinigen Richtung einen integrierenden Bestandteil unseres Bewegungsbegriffes bildet. Bekanntlich hat ARISTOTELES und nach ihm die ganze Physik bis zu KOPERNIKUS und GALILEI, diese beiden eingeschlossen, stillschweigend angenommen, daß ein sich bewogender Körper, der angefangen hat, seine Richtung zu ändern, damit fortfahren müsse und daß der Krümmungsradius der Bahn dabei konstant bleibe: denn offenbar ist dies der Grundgedanke von der natürlichen Kreisbewegung der

¹ ARISTOTELES, *Physik*, VIII, Kap. 2.

² Ders., *De coelo*, III, 2.

³ L. EULER, *Briefe an eine deutsche Prinzessin*, 3. Aufl., Leipzig 1784, 1. Teil, S. 249.

⁴ LAPLACE, *Mécanique céleste. Oeuvres*, Paris 1878, 1. Teil, I, 1. § 4.

⁵ POISSON, *Traité de mécanique*, 2. Aufl., Paris 1833, S. 207.

Himmelskörper, wenn man ihn in die moderne Ausdrucksweise übersetzt. Erinnern wir uns übrigens daran, wie erstaunt wir waren, als man uns lehrte, daß ein von einer Schleuder geworfenes Geschöß der Tangente an den Kreis folgt, den es zuvor beschrieben hat; zweifellos hatten wir vorher durchaus nicht das Gefühl, daß die „Geschwindigkeit“ des Geschosses in jedem Augenblick geradlinig sei und in die Richtung der Tangente fiele.¹ Der heutige Astronom *sieht* sozusagen den Mond fortwährend auf die Erde fallen, und wenn ein Körper sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit auf einem Kreise bewegt, so erscheint er dem Physiker *beschleunigt*. Das heißt aber, wie DUHAMEL bemerkt,² den natürlichen Sinn der Worte in sein Gegenteil verkehren; wir möchten sagen, daß man damit unserem Verstande Gewalt antut. Vom Standpunkt des unmittelbaren Gefühls auch des heutigen Menschen ist es weniger anstößig, sich einen Körper vorzustellen, der ohne beständige Ursache dauernd im Kreise läuft, als einen, der mit gleichförmiger Geschwindigkeit den Raum ohne Ziel und Ende durchfliegt und die Grenzen des vorstellbaren Weltalls überschreitet. Und doch ist das der Ausdruck des Trägheitsgesetzes. Der heutige Physiker, für den das Trägheitsprinzip die Grundlage seines mechanischen Weltbildes darstellt, hat sozusagen die Fähigkeit verloren, sich über dieses Paradoxon zu wundern; aber hin und wieder erregt es noch die Aufmerksamkeit der Philosophen wie z. B. die DÜHRINGS³ oder selbst LOTZES, der doch, wie wir sahen, selbst versucht hat, das Prinzip *a priori* zu deduzieren; an der Stelle, die wir meinen, erklärt dieser Philosoph es für sonderbar, daß ein Körper seine Lage verlassen solle, ohne eine andere aufzusuchen;⁴ das ist aber ganz die Ansicht der vorgalileischen Physik und steht übrigens mit unserem unmittelbaren Gefühl in Einklang.

¹ Bekanntlich haben die Astronomen lange Zeit nach einer Kraft gesucht, welche die *Bewegung* der Planeten bewirken sollte (vgl. Anhang II, S. 494 f.). BORELLI hat als erster im Jahre 1666 den Gedanken ausgesprochen, daß sie sich einfach unter der Wirkung der Trägheit bewegen, die sich mit einer nach der Sonne gerichteten zentripetalen Kraft zusammensetzt. Vgl. ROSENBERGER, a. a. O., Bd. II, S. 166 und DUHEM, *La théorie physique*, S. 407—408.

² DUHAMEL, *Cours de mécanique*, 3. Aufl., Paris 1862, S. 19.

³ DÜHRING, *Kritische Geschichte der allgemeinen Prinzipien der Mechanik*, Berlin 1862, S. 32.

⁴ LOTZE, *Grundzüge der Naturphilosophie*, 2. Aufl., Leipzig 1889, S. 13—14. Vgl. daselbst S. 354: „es ist eine ortsbestimmende Kraft“.

Man kann diese Analyse noch weiter treiben: selbst der erste Teil des Prinzips, derjenige, der von den ruhenden Körpern handelt, ist weit davon entfernt, eine *a priori* gültige Wahrheit zu sein, obwohl ihm dieser Charakter häufig selbst von solchen Autoren zugeschrieben worden ist, die das Prinzip im übrigen für empirisch hielten, z. B. von DÜHRING.¹ Man sagt zur Begründung, ein Körper könne sich nicht selbst in Bewegung setzen, und diese Aussage erscheint zunächst evident. Aber das ist einfach eine Definitionssache. Bei der Bildung des Begriffes der Materie haben wir diesen von der Bewegung getrennt; also erscheint sie uns jetzt als unbeweglich. BERKELEY hat das sehr deutlich ausgedrückt: „Man nehme von dem Begriff des Körpers die Ausdehnung, die Festigkeit und die Gestalt weg, und es wird nichts übrig bleiben. Aber diese Eigenschaften sind der Bewegung gegenüber indifferent, und sie enthalten nichts, was als Bewegungsprinzip bezeichnet werden könnte.“² Wollten wir jetzt die Materie mit Bewegung ausstatten, so würden wir derselben Schwierigkeit begegnen, ob diese Bewegung nun von außen an sie herankäme oder ob ihr Prinzip der Materie selbst innewohnte. Wir haben gesehen, daß es gar kein Mittel gibt, den Stoß zweier Körper verständlich zu machen; und was die Fernwirkung betrifft, so ist auch sie nur ein geheimnisvolles Etwas. Wenn ein Körper die unbegreifliche Fähigkeit besitzt, durch den Raum hindurch auf einen anderen zu wirken, warum soll er nicht auch sich selbst in Bewegung versetzen können? Es ist „Eins der allgemeinsten Merkmale des Stoffs, daß er unter geeigneten Umständen . . . selbst in Bewegung geraten . . . kann.“ Das hat ein Physiologe gesagt, der als überzeugter Materialist bekannt war.³ Wir können aber das Ergebnis, zu dem wir gelangt sind, auch noch durch einige etwas abstrakte Überlegungen stützen, die sich aus der Analyse gewisser moderner physikalischer Vorstellungen ergeben.

Es gibt in der Natur nichts Unbewegliches. Nicht nur sind alle Körper in Bewegung, sondern auch ihre Teilchen befinden sich im

¹ DÜHRING, a. a. O.

² BERKELEY, *Works*, Ausg. FRASER, London 1871, Bd. III, *De motu*, § 29.

³ MOLESCHOTT, *Der Kreislauf des Lebens*, Mainz 1852, S. 318. Man kann dieser Behauptung MOLESCHOTTS folgende beiläufige Bemerkung MAUPERTUIS an die Seite stellen: „... obwohl es absurd wäre, zu sagen, daß ein Teil der Materie, der sich nicht selbst bewegen kann, einen anderen in Bewegung setzen könne.“ *Cosmologie, Oeuvres*, Lyon 1756, Bd. I, S. 33.

Zustand fortwährender innerer Unruhe. Vor uns steht etwas Wasser in einem Gefäß; es scheint in Ruhe zu sein, aber es genügt, daß unterhalb des Wasserspiegels sich eine Öffnung auftut, und sofort setzt sich das Ganze in Bewegung. Will man diese Erscheinung irgendwie verstehen, so kommt man nicht um die Annahme herum, daß die Ruhe nur scheinbar war, daß die Bewegung im Innern des vom Wasser erfüllten Raumes schon zuvor wenn auch unsichtbar vorhanden gewesen ist.

Die innere Unruhe der Teilchen entgeht uns für gewöhnlich; manchmal gibt sie sich uns nur in Form einer Energie, z. B. als Wärme kund; aber GOUY hat uns gelehrt, sie dem Auge in Gestalt der Brownschen Bewegung direkt sichtbar zu machen. Übrigens bildet jeder Körper eine dauernde Quelle der Bewegung für alles, was ihn umgibt, weil er ununterbrochen Wärme ausstrahlt. Wenn wir dessen nicht gewahr werden, so liegt das daran, daß er ebensoviel Energie empfängt, wie er abgibt. Also ist selbst die relative Unbeweglichkeit nur eine scheinbare, und die träge Materie ist eine unrealisierbare Abstraktion. Es liegt also nichts Widersprechendes in der Annahme, daß sie in einem gegebenen Augenblick Bewegung zeigt, ungefähr wie die Billardkugel imstande ist, ihren „Effet“ in Translation umzusetzen. Müssen wir uns doch ungefähr in dieser Weise die Wirkung von Explosivstoffen vorstellen. — Unsere Zustimmung zu dem Satz, der die Trägheit im Zustande der Ruhe festsetzt, entspringt also keineswegs aus den Quellen, die wir versucht sind für sie anzunehmen; sie kann uns daher auch für einen Beweis *a priori* des Prinzips keinerlei Hilfe leisten.

Aus der Untersuchung, die wir soeben angestellt haben, ergibt sich, scheint uns, deutlich, daß das Trägheitsprinzip entgegen der Ansicht von D'ALEMBERT, LOTZE, KANT und MAXWELL sich nicht *a priori* beweisen läßt. Die Trägheit ist kein „integrierender Bestandteil des Begriffes der Bewegung“ (LOTZE),¹ und wenn man sie leugnet, setzt man sich nicht „in Widerspruch mit dem einzigen logischen Lehrsystem über den Raum und die Zeit, das der menschliche Geist zu erdenken imstande war“ (MAXWELL).² Es ist im Gegenteil, wie MILL das klar gesehen hat, eine paradoxe Behauptung,

¹ Vgl. oben S. 122.

² MAXWELL, *Matter and Motion*, London 1902, S. 36.

„der die Menschheit lange Zeit nur mit großem Widerstreben Glauben geschenkt hat“.¹

Dagegen kann man anscheinend schwer bestreiten, daß dieses Prinzip eine Erfahrungswahrheit ist. Allerdings ist eine direkte Erfahrung dabei ausgeschlossen. Alle Körper, die wir kennen, unterliegen der Schwerkraft, und wir haben kein Mittel, sie der Wirkung dieser Kraft zu entziehen. Die geradlinig gleichförmige Bewegung läßt sich also nicht verwirklichen. Wir können freilich die Bewegungen der Himmelskörper zerlegen; man hat von diesen Bewegungen zuweilen gesagt, daß sie den besten Beweis für das Trägheitsprinzip lieferten, und in einem gewissen Sinne ist das auch richtig. Aber als primitive Tatsache betrachtet, hat diese Zerlegung keine Beweiskraft, da ja die andere Komponente, die Gravitation, in Dunkel gehüllt bleibt. Zweifellos war HEGEL im Unrecht, wenn er an einer Stelle, die den Verächtern der Metaphysik oft als Angriffspunkt gedient hat, gegen die Annahme protestiert, daß die Himmelskörper in verschiedenen Richtungen hin und hergezogen würden, und wenn er dann erklärt, sie gingen „als selige Götter einher“.² Aber im Grunde hat er weiter nichts getan, als dem instinktiven Widerstand Ausdruck verliehen, den unser Verstand einer solchen Zerlegung zunächst entgegensetzt.

Es ist also besser, man fängt mit den irdischen Gegenständen an. Man stellt leicht fest, daß die Körper, welche in bezug auf die Erde eine geradlinige gleichförmige Bewegung ausführen, wie z. B. die Gegenstände an Bord eines Schiffes, sich genau so verhalten wie die, welche in bezug auf den Erdboden ruhen. Übrigens ist diese Ruhe nur eine scheinbare. Aus der Betrachtung der Bewegungen der Himmelskörper ergibt sich mit zwingender Notwendigkeit die Annahme, daß die Erde sich im Raume mit einer beträchtlichen Geschwindigkeit bewegt, und alles, was sich auf unserem Planeten befindet, muß in Wirklichkeit sehr verwickelte Kurven im Raume beschreiben. Die Krümmungsradien dieser Kurven sind jedoch sehr groß; für diejenige Bewegung, zu der der kleinste Krümmungsradius gehört, nämlich für die Erdrotation, gelingt es uns noch, merkliche Wirkungen festzustellen; aber indem wir sie feststellen, können wir sie auch ausschalten. Wir können daher, ohne einen merklichen

¹ J. ST. MILL, *A System of Logic*, London 1884, S. 160.

² HEGEL, *Naturphilosophie*, § 269, *Werke*, Berlin 1842, Bd. VII. Vgl. P.-G. TAIT, *Les progrès récents de la physique*, Paris 1886, S. 15.

Fehler zu riskieren, die von den irdischen Gegenständen beschriebenen Bahnen als gerade ansehen; also kommen die Eigenschaften, die wir der Ruhe zuschreiben, eigentlich der geradlinigen Bewegung zu. Das ist also das vollständige Trägheitsprinzip, wie es D'ALEMBERT formuliert, denn die Zusammensetzung der Bewegungen ergibt sich unmittelbar daraus.

Ist es aber richtig, daß das Trägheitsprinzip als Erfahrungswahrheit angesehen werden kann, so müssen wir uns fragen, ob es unserem Verstande wirklich als solche erscheint und unsere Zustimmung erzwingt. Ist es nicht eine wahrhaft absonderliche Tatsache, daß so hervorragende Köpfe wie die, deren Namen wir angeführt haben, sich darin haben irren können?

Zunächst einmal können wir feststellen, daß der Beweis, wie wir ihn soeben dargestellt haben, zu der Zeit der Aufstellung unseres Prinzipes nicht möglich war oder daß er damals mindestens nicht vollständig war. Man konnte damals nicht die Bewegungen der Himmelskörper heranziehen, die doch heute so viel dazu beitragen, uns in dem anscheinend paradoxen Gedanken zu bestärken, daß die Bewegung etwas Andauerndes ist, wo wir doch jede irdische Bewegung sehr schnell erlöschen sehen. Nicht einmal darauf konnte man sich berufen, daß die irdischen Gegenstände als geradlinig gleichförmig bewegt angesehen werden müssen. Ohne Zweifel war GALILEI Kopernikaner und ebenso DESCARTES, obwohl er sich zuweilen etwas zweideutig ausdrückt. Aber man konnte die Theorie damals nicht als eine außerhalb jedes Streites stehende Wahrheit ansehen, als die sie uns heute erscheint; und wenn man zwischen der Trägheit (oder der Relativität der Bewegung wie bei CUSANUS und KOPERNIKUS) und der Erdbewegung ein logisches Band knüpfte, so wollte man damit die zweite dieser Ansichten durch die erste stützen und nicht umgekehrt. Es bestand hier sogar seit den Arbeiten GALILEIS und bis zu den Entdeckungen NEWTONS eine Quelle offener Widersprüche, und wenn GALILEI ganz wie KOPERNIKUS die Ansicht von der natürlichen Kreisbewegung der Himmelskörper beibehalten hat, so lag das sicher daran, daß er keinen anderen Weg kannte, um ihre Bahnen zu erklären. Vor BORELLI hat niemand die Bewegung der Himmelskörper auf die Wirkung der Trägheit zurückgeführt.¹

¹ Vgl. S. 142, Anm. 1.

Nach alledem kann man die Frage aufwerfen, wie es gekommen sein mag, daß trotz all der Schwierigkeiten, ungeachtet des anscheinend so paradoxen Inhaltes und obwohl zur damaligen Zeit nur ein mittelmäßig überzeugender Beweis möglich war, trotz alledem das Trägheitsprinzip so schnell als Grundlage der ganzen Mechanik angenommen werden konnte. Sehen wir zuerst zu, wie GALILEI und DESCARTES es dargestellt haben.

Man hat zuweilen GALILEI als großen Experimentator angesprochen; das bedeutet jedoch, wie P. TANNERY sehr richtig bemerkt, eine völlige Verkennung der geschichtlichen Wahrheit.¹ In bezug auf die Trägheit spricht er wohl von Steinen, die von der Höhe eines Mastes auf ein fahrendes Schiff fallen,² und von Tieren, die an Bord eines Schiffes herumlaufen,³ und es scheint auch, als hätte er diese Versuche wirklich angestellt; aber das sind für ihn bloße Bestätigungen, auf die er keinen besonderen Wert legt. Dennoch scheint er sich bei der Darstellung des Prinzips auf Beobachtungstatsachen zu stützen: es handelt sich um den Versuch mit der Kugel auf der Ebene, der sich schon bei CUSANUS und bei BENEDETTI findet. Am sechsten Tage seiner *Unterredungen über die neuen Wissenschaften* setzt GALILEI diesen Versuch folgendermaßen auseinander: „Und es scheint mir, daß hier dasselbe eintreten wird, wie bei einem schweren beweglichen vollkommen runden Körper, den man auf eine sehr glatt polierte, schwach geneigte Ebene legt; diese wird er, seiner Natur folgend, mit immer wachsender Geschwindigkeit hinabrollen; wollte man ihn dagegen von dem tiefen Teil der Ebene in die Höhe schieben, so müßte man ihm einen Impuls erteilen, der immer schwächer werden und schließlich ganz verschwinden würde. Ist die Ebene dagegen nicht geneigt, sondern horizontal, so wird ein solcher runder Körper, wenn man ihn darauf legt, machen, was uns beliebt, d. h. wenn wir ihn in Ruhe versetzen, bleibt er in Ruhe, geben wir ihm dagegen einen Impuls in irgendeiner Richtung, so wird er in dieser Richtung weiterrollen und die gleiche Geschwindigkeit beibehalten, die er von unserer Hand erhalten hat, dieweil es ihm an dem Vermögen (*azione*) fehlt, sie zu vergrößern oder zu

¹ P. TANNERY, *Galilée*, Revue générale des sciences, Bd. XII, 1901 S. 335—337.

² GALILEI, *Dialoghi intorno ai due massimi sistemi*, Opere, Florenz 1842, Bd. I, S. 165 f. Brief an INGOLI, daselbst, Bd. II, S. 99 f.

³ GALILEI, *Massimi sistemi*, S. 206.

verringern. Denn auf einer solchen Ebene gibt es weder ein Gefälle noch eine Steigung“.¹

Man erkennt leicht, daß, wenn dies ein experimenteller Beweis sein sollte, er nur für die horizontale Bewegung gelten würde; und auch innerhalb dieser Grenzen wäre er merkwürdig schwach. Man wird zugeben, daß der Körper an Geschwindigkeit verlieren muß, wenn er eine noch so schwach geneigte Ebene hinaufrollt. Ebenso wird man einräumen, daß er auf einer horizontalen Ebene in Ruhe bleiben wird. Es folgt aber keineswegs hieraus, daß er eine beliebig wenig geneigte Ebene immer mit ständig wachsender Geschwindigkeit hinabrollen muß. Nehmen wir etwa mit ARISTOTELES an, daß die Impulsbewegung sich nur durch die Wirkung des umgebenden Mediums fortsetzt, oder mit BENEDETTI, daß der Impuls allmählich abnimmt; in beiden Fällen tritt das ein, was wir heute eine „negative Beschleunigung“ nennen, und wir brauchen eine gewisse positive Beschleunigung, um das Gleichgewicht wieder herzustellen; d. h. aber, die Bewegung wird erst bei einer gewissen Neigung der Ebene gleichförmig. Das ist ungefähr die Ansicht des PAPPUS; übrigens würde bekanntlich bei den unvermeidlichen Rauigkeiten der Ebene und des Körpers und bei dem Widerstand der Luft das direkte Experiment eine solche Ansicht eher stützen als widerlegen. Aber zeigt nicht schon die ganze Art, in der GALILEI die Sache darstellt, deutlich, daß es sich für ihn nicht um wirkliche Versuche, sondern um „Gedankenexperimente“ handelt? In Gedanken stellt GALILEI die unendlich glatte Ebene auf, in Gedanken neigt er sie weniger und weniger, das eine Mal in dieser, das andere Mal in der anderen Richtung. Aus diesem Grunde hält er es auch nicht für nötig, uns ein einziges genaues Datum anzugeben, eine einzige Zahl mitzuteilen, die sich aus seinen Versuchen ergibt. Übrigens hat GALILEI Sorge getragen, uns das selbst zu sagen. Die Stelle aus dem *Sechsten Tage*, die wir eben angeführt haben, ist nur die Weiterentwicklung einer anderen Stelle, anscheinend älteren Ursprungs, die sich im *Vierten Tage* findet. Diese Stelle fängt mit folgenden Worten an: „Ich stelle mir in Gedanken einen beliebigen Körper vor (*mente concipio*), der auf einer horizontalen Ebene geworfen wird und von jedem Hindernis isoliert ist“.¹

¹ GALILEI, *Discorsi, Opere*, Bd. XIII, S. 323.

² GALILEI, *Discorsi, Opere*, Bd. XIII, S. 154. — Die Vermutung des Verfassers, daß die im Text erwähnte Stelle aus der *Giornata sesta* der *Discorsi*

Was ist also die wahre Grundlage des Galileischen Beweises? Sie ist sozusagen hinzugedacht, und GALILEI selbst spielt nur eben gegen Ende der betreffenden Stelle darauf an; er hat sie tatsächlich schon auf den vorhergehenden Seiten deutlich angegeben. Im *Dritten Tage* nämlich findet sich die wirkliche Darstellung des Prinzips, das diesmal auf eine Bewegung in beliebiger Richtung und nicht nur auf eine horizontale Bewegung angewandt wird. Nachdem er zuvor von der schiefen Ebene gesprochen hat, fährt er fort: „Aber auf der horizontalen Ebene ist die Bewegung gleichförmig, denn dort gibt es keine Ursache der Beschleunigung oder der Verlangsamung . . . Es ist außerdem darauf acht zu geben, daß jeder Geschwindigkeitsgrad, der sich an einem Körper findet, ihm durch seine Natur selbst in unzerstörbarer Weise aufgeprägt ist, wenn die äußeren Ursachen der Beschleunigung oder Verlangsamung aufgehoben werden, was allein auf der horizontalen Ebene stattfindet . . . Es folgt daraus gleichfalls, daß die Bewegung in der horizontalen Ebene ewig währt“.¹

Bei DESCARTES erscheint das Trägheitsprinzip stets als Ergebnis reiner Deduktion; kaum daß er bei dieser Frage die wirklichen Umstände erwähnt, die geeignet seien, die Beobachtung zu fälschen, wie z. B. der Luftwiderstand. DESCARTES geht von einem Prinzip aus, das er als „oberstes Naturgesetz“ bezeichnet und folgendermaßen formuliert: „Jedes Ding verharrt in dem Zustand, in dem es ist, solange nichts ihn verändert“. Das ist der Titel des 37. Kapitels des zweiten Teiles der *Prinzipien*. Im Text wird dieses Gesetz daraus abgeleitet, daß „Gott keiner Veränderung unterworfen ist und immer auf dieselbe Weise handelt“. Daraus folgt, daß „wenn irgendein Teil der Materie quadratisch ist, er immer quadratisch bleibt, wenn von anderswoher nichts eintritt, was seine Gestalt ändert; und daß, wenn er in Ruhe ist, er nicht von selbst anfängt, sich zu bewegen. Hat er aber einmal angefangen, sich zu bewegen, so haben wir auch keinen Grund, anzunehmen, daß er jemals auf-

später entstanden sei, als die aus der *Giornata quarta* können wir bestätigen. In der ersten Ausgabe (Leiden 1638) enthalten die *Discorsi* nämlich überhaupt nur vier *giornate*, woraus sich ergibt, daß die fünfte und sechste erst später hinzugefügt worden sind (Anm. d. Übers.).

¹ Dasselbst S. 200. *At in plano horizontali motus est aequabilis cum nulla ibi sit causa accelerationis aut retardationis . . . Attendere insuper licet quod velocitatis gradus quicunque in mobili reperiatur, est in illo suapte natura indelibiliter impressus dum externae causae accelerationis aut retardationis tollantur, quod in solo horizontali plano contingit . . . Ex quo pariter sequitur motum in horizontali esse quoque aeternum.*

hören wird, sich mit derselben Kraft zu bewegen, solange ihm nichts begegnet, was seine Bewegung verzögert oder aufhält“. Nachdem er so die Beharrlichkeit der Bewegung begründet hat, spricht er in einem besonderen Satze aus, daß sie sich geradlinig fortsetzen muß. Dies ist sein zweites Gesetz, das er folgendermaßen formuliert: „Daß jeder sich bewegende Körper seine Bewegung in gerader Linie fortzusetzen strebt.“ Das ist der Titel des XXXIX. Kapitels, dessen Text einfach lautet: „Diese Regel beruht wie die vorhergehende darauf, daß Gott unveränderlich ist“.

Diese Beweisführung hat sicher genügt, um die Zustimmung der Zeitgenossen zu erzwingen; denn das Trägheitsprinzip begann beinahe sofort die Physik zu beherrschen und zwar trotz der so viele Jahrhunderte alten Gewöhnung an die entgegengesetzten Lehren des ARISTOTELES. Man hat sich zuweilen darüber gewundert; zu Unrecht, wie wir meinen. Indem DESCARTES das deutlich aussprach, was bei GALILEI nur dunkel mitgedacht wurde, hat er wirklich in klaren Worten das wahre Fundament des Trägheitsprinzips aufgedeckt, den Gedanken, durch den es sich unserem Geiste aufdrängt.

Wir haben gesehen, daß ursprünglich der Begriff der Geschwindigkeit weiter nichts ist als ein Quotient von zwei bestimmten Größen, und daß die Bewegung als Veränderung erscheint, etwa wie ein Farbwechsel. Für uns verhält es sich nicht mehr so: die Bewegung erscheint uns als ein Zustand, also nicht wie der Farbwechsel, sondern wie die Farbe selbst.

Wie man sieht, nähert sich diese Auffassung der des THEMISTIUS und des CARDANUS, für die der auf einen Körper übertragene Impuls etwas der Wärme Analoges ist. Man kann sagen, es hätte in diesem Falle genügt, die Wärme wie eine Substanz oder ein substanzielles Akzidens aufzufassen (was ja bekanntlich der peripatetischen Lehre ziemlich gemäß war), und das Trägheitsprinzip wäre geschaffen worden.

Dieser Schluß mag paradox erscheinen. Wir kennen nämlich kein Prinzip der Erhaltung der Farbe, und auch an die Erhaltung der Wärme glauben wir nicht mehr, seit die Blacksche Theorie zusammengebrochen ist. Aber es besteht, wie wir schon sahen, ein tiefgehender Unterschied zwischen den Bewegungsvorgängen auf der einen und allen anderen Erscheinungen auf der anderen Seite. Jene sind für uns einfach und primär, diese dagegen kompliziert, sekundär und durch

jene erklärbar, die den Grund aller Dinge bilden sollen. Wenn die Lösung von hypermangansaurem Kali, die man früher als das „mineralische Chamäleon“ bezeichnete, fortdauernd die Farbe wechselt, so sind wir davon überzeugt, daß diese Veränderungen eine Ursache haben müssen, daß sie die Folgen von Veränderungen sind, die in der färbenden Substanz hervorgerufen werden; aber diese Veränderungen selbst, oder jedenfalls das Band, das sie mit dem Farbwechsel verknüpft, können uns vorläufig verborgen bleiben. Bei einer Bewegungserscheinung verhält es sich anders; hier gibt es kein „Dahinter“. Wenn also die Bewegung ein Zustand ist, und wenn er sich wie jeder Zustand erhalten soll, so können wir diese Forderung in absoluter Form aussprechen und daraus ein Prinzip machen, ohne daß wir das Eingreifen eines geheimnisvollen Agens zu befürchten brauchen.

So kommt es, daß die zu einem Zustand gewordene Bewegung sich sofort in eine Wesenheit oder in eine Substanz verwandelt, d. h. daß vermöge des Kausalprinzips unser Geist die ununterdrückbare Neigung hat, sie als in der Zeit identisch, als beharrlich aufzufassen. Der sich bewegende Körper „ist im Zustande der Bewegung“. Was diesen Zustand von anderen gleichartigen unterscheidet, was also, um in unserem früheren Bilde zu bleiben, seine besondere Nüance ausmacht, das ist seine Geschwindigkeit. Haben wir uns in diese Vorstellung einmal hineingedacht, so räumen wir alsbald ein, daß die Geschwindigkeit kein Quotient ist, daß sie nicht an ein bestimmtes Zeitintervall gebunden ist,* sondern in jedem noch so kleinen Zeitabschnitt vorhanden ist, kurz daß sie ein „Differentialquotient“ ist. Von der so verstandenen Geschwindigkeit also sagen wir, daß sie sich erhält.

Dies ist, wie es scheint, die wahre Grundlage des Prinzips. Und obgleich die Möglichkeit besteht, es experimentell nachzuprüfen, stammt doch von diesem Argument unsere so feste Überzeugung von seiner Gültigkeit, eine Überzeugung, die sich so deutlich von derjenigen unterscheidet, mit der wir die rein empirischen Gesetze glauben. Dies dunkle Gefühl, daß dem Prinzip etwas anderes als bloße Erfahrung zugrunde liegen muß, erklärt auch die Tatsache, daß man so hartnäckig nach Beweisen *a priori* für das Prinzip gesucht hat. Infolge-

* Der Verfasser hat an dieser Stelle die zu einem Zeitintervalle gehörige mittlere Geschwindigkeit im Sinne. Ltn.

dessen hat also DESCARTES tatsächlich das Wesen des Prinzips enthüllt, indem er es auf die „Unwandelbarkeit Gottes“ zurückführte, d. h. auf die Überzeugung, daß jedes Ding in der Natur beharrt. Ihm gebührt also nicht nur das Verdienst, das Prinzip als erster laut verkündet zu haben, sondern auch das, seinen wahren Grund aufgedeckt zu haben. Es leuchtet auch ein, daß KANTS Formulierung: „Jede Veränderung der Materie hat eine äußere Ursache“ nur ein anderer Ausdruck für DESCARTES' *Erstes Gesetz* ist; beide aber sind nur Formen des Prinzips der Identität in der Zeit, wie wir es definiert haben. Diese Überzeugung hat bereits SCHOPENHAUER mit kurzen Worten ausgedrückt, als er das Trägheitsprinzip deshalb für *a priori* gültig erklärte, weil es eine Folge des Kausalprinzips sei,¹ und SPIR ist derselben Überlieferung gefolgt, indem er es unmittelbar aus dem Identitätsprinzip ableitete.²

Wir können nunmehr die früher gestellte Frage beantworten: ist das Trägheitsprinzip *a priori* oder *a posteriori*? Es ist weder das eine noch das andere, weil es beides zugleich ist. Ohne Zweifel läßt sich beim heutigen Stande unserer Kenntnisse das Prinzip in durchaus stichhaltiger Weise empirisch beweisen, wenn auch auf indirektem Wege; aber tatsächlich ist es ursprünglich nicht so begründet worden, und noch heute bildet dieser Beweis nicht den wahren Grund unserer Überzeugung von seiner Geltung. Diese Überzeugung beruht vielmehr darauf, daß das Prinzip in eine Form gebracht werden kann, die es als abgeleitet aus dem Kausalprinzip erscheinen läßt.

Dieses letztere Prinzip ist gewiß apriorischer Natur; aber, wie wir gesehen haben, lassen sich keine präzisen Aussagen unmittelbar aus ihm herleiten. Dadurch werden alle apriorischen Beweise des Trägheitsprinzips von DESCARTES über D'ALEMBERT bis zu SPIR hinfällig. Wörtlich genommen würde nämlich das Identitätsprinzip besagen: *Alles ist beständig*; eine Behauptung, die sofort durch die Erfahrung Lügen gestraft wird. Übereinstimmung mit ihr können wir nur herstellen, wenn wir ergänzend hinzufügen: *Alles ist Bewegung*. Dann verwandelt sich das Identitätsprinzip in die Aussage: *Ge-*

¹ „Das *a priori* gesicherte, weil aus der Causalität folgende Gesetz der Trägheit“. SCHOPENHAUER, *Die Welt als Wille und Vorstellung*, Ausg. FRAUENSTADT, Leipzig 1877, Bd. I, S. 79.

² SPIR, a. a. O. S. 396, 404.

wisse wesentliche Dinge beharren. Das aber ist ein unbestimmter Ausdruck, denn er gibt uns nicht an, welches denn nun die beharrenden Dinge sind, die wir darum als wesentlich anzusehen haben. Nur die Erfahrung kann uns darüber belehren. Aber die Erfahrung spielt bei dieser Frage eine eigentümliche Rolle: sie ist nicht frei, sie folgt dem Prinzip der Kausalität, das wir genauer als den *Kausaltrieb* bezeichnen können, denn seine Bedeutung besteht darin, daß es uns befiehlt, im Wechsel der Erscheinungen etwas Beharrendes zu suchen. Der obige Ausdruck stellt nach einer schönen Bemerkung von BOUTROUX nicht ein Gesetz, sondern eine „Gußform“ für Gesetze dar.

Aus dem, was wir über das Trägheitsprinzip auseinandergesetzt haben, können wir folgende allgemeine Schlußfolgerung ziehen: jeder Satz, der eine Identität in der Zeit aussagt, erscheint uns *a priori* als in hohem Grade wahrscheinlich; er trifft unseren Geist nicht unvorbereitet, verführt ihn rasch und wird von ihm sofort angenommen, sofern nicht ganz offenbare Tatsachen dagegen sprechen. Vielleicht wäre es angebracht, für solche Sätze, die ein Mittelding zwischen dem Apriori und dem Aposteriori darstellen, eine besondere Bezeichnung einzuführen. In Ermangelung eines besseren schlagen wir den Ausdruck *plausibel* vor. Demnach können wir sagen, daß jeder Satz, der eine Identität in der Zeit aussagt, also jedes Erhaltungsgesetz „plausibel“ ist.¹

¹ KANT hat die Tatsache bemerkt, daß gewisse Sätze der Wissenschaft nur besondere Formen des metaphysischen Substanzprinzips sind und daß man in dieser Hinsicht zwischen der Form eines Satzes und seinem Inhalt unterscheiden muß (vgl. weiter unten S. 427). Auf Grund ganz anderer Überlegungen gelangt POINCARÉ zur Aufstellung der sehr allgemeinen Behauptung, die wir diesem Buche vorangestellt haben (über den Zusammenhang, aus dem diese Stelle entnommen ist, vgl. unten S. 234). WHEWELL, der dem von KANT vorgezeichneten Wege folgt, gelingt es, diesen Philosophen in einem wichtigen Punkte zu berichtigen (vgl. S. 428). WUNDT vertritt zwar in einer seiner ersten philosophischen Arbeiten (*Die physikalischen Axiome und ihre Beziehung zum Causalprinzip*, Erlangen 1866, mit einigen Abänderungen neu herausgegeben unter dem Titel: *Die Prinzipien der mechanischen Naturlehre*, Stuttgart 1910) einen ganz anderen Standpunkt gegenüber diesen Sätzen (insofern sie sich aus „Gedankenexperimenten“ ergeben), hebt aber doch hervor, daß sie aus einem allgemeinen Prinzip abgeleitet sind, nämlich aus dem der Äquivalenz von Ursache und Wirkung. Unsere Vernunft hat das Bestreben, diesem Prinzip die Erfahrung anzupassen, während diese sich dem widersetzt. Die Vernunft kann nicht im voraus den Ausdruck angeben, auf den das Prinzip anzuwenden ist; aber jede Aussage, die eine kausale Beziehung enthält, kann, auch wenn diese Beziehung auf empirischem Wege gefunden worden ist, in eine Form gebracht werden, die ihr logische

Angesichts der Ergebnisse, zu denen wir gelangt sind, kann man die Stärke dieses Triebes nicht genug bewundern. Das Trägheitsprinzip mutet uns zu, die Geschwindigkeit als *Substanz* aufzufassen. Für die unmittelbare Urteilskraft ist diese Auffassung

Evidenz verleiht (2. Aufl., S. 12, 86, 110, 115, 146, 147). Ein wenig später behandelt SPIR (*Denken und Wirklichkeit*, Leipzig 1873) sehr ausführlich das Identitätsprinzip. Er stellt fest, daß es einen doppelten Inhalt hat, einen analytischen und einen synthetischen (vgl. oben S. 35), hebt den Mangel an Übereinstimmung hervor, der zwischen dieser Forderung des Denkens und der äußeren Welt besteht (vgl. oben S. 33) und erkennt die wahre Natur der wissenschaftlichen Erklärung (a. a. O. S. 259, 476). Er stellt auch fest, welche Beziehungen zwischen seinem Identitätsprinzip einerseits und der Atomistik und den Erhaltungsprinzipien andererseits bestehen (a. a. O. S. 396, 404 ff.). Diese wichtigen Deduktionen sind allerdings ein wenig dunkel und, wie es scheint, manchmal durch Mißverständnisse beeinträchtigt (ihre Hauptquelle ist ohne Zweifel in der Tatsache zu suchen, daß SPIR den Begriff der Gesetzlichkeit nicht mit der genügenden Klarheit als besonderen Begriff erfaßt hatte. Vgl. weiter unten S. 476). Sie scheinen übrigens in der Folge nur geringen Einfluß ausgeübt zu haben. KROMAN hat sie vermutlich nicht gekannt, als er mit mehr Klarheit, aber in weniger umfassender Weise als sein Vorgänger ähnliche Deduktionen veröffentlichte (*Unsere Naturerkenntnis*, deutsche Übers. von FISCHER BENZON, Kopenhagen 1883, besonders S. 247 ff.). KROMAN hat außerdem versucht, bis zu einem gewissen Grade die beiden Begriffe zu trennen, die wir als Gesetzlichkeit und als Kausalität bezeichnet haben (vgl. oben S. 3): Noch präziser, wenn auch nur ganz nebenbei, setzt PAUL TANNERY (anläßlich der Behandlung gewisser vorsokratischer philosophischer Lehren, insbesondere derjenigen des MELISSUS) auseinander, daß den Erhaltungsprinzipien ein allgemeinerer Satz zugrunde liegt, eine Forderung unseres Denkens, die verlangt, daß irgend etwas im Wechsel der Erscheinungen beharren müsse, und das erklärt er für das wahre Kausalprinzip oder Prinzip der wissenschaftlichen Erklärung (*Pour servir à l'histoire de la science hellène*, Paris 1887, S. 264 ff.). — Im gleichen Jahre veröffentlicht MAX PLANCK ein Buch über das Energiegesetz (*Das Prinzip der Erhaltung der Energie*, Leipzig 1887, 2. Aufl. Leipzig 1908); darin wundert er sich über die geringe Zahl von Versuchen, auf die MAYER, COLDING und JOULE sich zur Begründung des besagten Prinzips stützten, und fragt sich, ob die raschen Erfolge dieser Auffassung nicht vielleicht auf apriorische Elemente zurückzuführen seien, die sich darin verbergen (S. 150). Er meint, diese Elemente müßten auf der engen Beziehung beruhen, die zwischen dem Energieprinzip und dem von Ursache und Wirkung beständen (S. 30), und die Analogie mit dem uns seit langem vertrauten Prinzip der Erhaltung der Materie lasse uns das Energieprinzip leichter annehmen (S. 41, 116). Jedoch hält PLANCK Deduktionen wie die von DESCARTES oder COLDING für gänzlich wertlos, und in einer Anmerkung, die er in der 2. Auflage hinzugefügt hat, erklärt er, daß das Prinzip „weder eine Tautologie noch eine verhaltene Definition, noch ein Postulat, noch ein Urteil *a priori* sei, sondern eine experimentelle Aussage.“ (S. 151 u. 116.) — GASTON MILHAUD nimmt den Gedanken POINSONS und PAUL TANNERYs wieder auf. Er behauptet, das Gesetz der Konstanz und Gleichförmigkeit, das die Grundhypothese der Naturwissenschaft bildet, folge nicht aus dieser, sondern sei ihr „leitendes Prinzip“ (*Essai sur les conditions et les limites de la certitude logique*, Paris 1898, S. 131). Er umschreibt mit bemerkenswerter Genauigkeit die Rolle, die diese Aussage *a priori* bei der Entstehung des Trägheitsprinzips spielt (*La science rationnelle*, Revue de Métaphysique, Bd. IV, 1896, S. 290—291). An manchen Stellen jedoch ent-

durchaus paradox; denn sie hält die Geschwindigkeit einfach für einen Quotienten, und man muß ihr sozusagen Gewalt antun, wenn man behauptet, daß sie als eine Qualität aufgefaßt werden könne. Wie aber kommt es dann, daß unser Geist so leicht und ohne Anstoß diese seltsame Vorstellung akzeptiert? Die Antwort auf diese Frage erscheint uns nicht zweifelhaft: weil diese Auffassung dazu dienen kann, unser Kausalitätsbedürfnis zu befriedigen. Es genügt, daß die Geschwindigkeit sich als etwas auffassen läßt, was sich erhält, um diese Vorstellung sofort einer wunderbaren Verwandlung zu unterwerfen.

Man muß indessen hinzufügen, daß wenigstens für den modernen Forscher die Auffassung der Geschwindigkeit als eines Zustandes durch die Denkgewohnheiten erleichtert wird, die die Beschäftigung mit der Infinitesimalrechnung mit sich bringt. Sicherlich tragen sie dazu bei, daß wir die Auffassung der Geschwindigkeit als eines Differentialquotienten leichter annehmen. Man darf aber die Frage aufwerfen, ob ohne das Trägheitsprinzip diese mathematischen Begriffe jemals auf die Wissenschaft von der Bewegung hätten an-

wickelt MILHAUD ganz andere Gedankengänge: er vergleicht die Erhaltungsprinzipien mit Definitionen und Übereinkünften. Übrigens ist für ihn die Konstanz vor allem eine solche der *Beziehungen* und folgt als solche aus der Tatsache, daß die Welt von Gesetzen beherrscht wird (*Essai sur les conditions etc.*, S. 201; *Sur philosophie, science et hypothèse*, Revue de métaphysique, XI. 1903, S. 786, vgl. unten S. 456. Vgl. auch über die Unmöglichkeit, das Trägheitsprinzip experimentell zu beweisen, *Essai etc.*, S. 91). — LALANDE hebt hervor, daß die Präexistenz die wahre Grundlage aller Erklärung ist (*La Dissolution opposée à l'Évolution dans les sciences physiques et morales*, Paris 1899, S. 36, 45), und bringt damit die Prinzipien der Erhaltung der Materie und der Energie in Zusammenhang (a. a. O. S. 414). Indessen setzt dieser Philosoph meistens das Erklärbare, das Begreifliche mit dem ganz allgemein Bestimmbaren gleich, d. h. nach unserem Sprachgebrauch mit dem, was unter Gesetzen steht, und die Forderung der Konstanz gewisser Größen wird ganz wie bei MILHAUD unmittelbar aus der Tatsache abgeleitet, daß die Natur geordnet ist (a. a. O. S. 33, 35, 179). — Die Ansichten KOZŁOWSKIS über diese Frage nähern sich denen von MILHAUD und LALANDE. — WILBOIS hat gleichfalls die engen Beziehungen hervorgehoben, die zwischen den Erhaltungsprinzipien und dem Substanzgesetz bestehen (*La méthode dans les sciences physiques*, Revue de Métaphysique et de Morale, Bd. VII, 1899 S. 598 ff., Bd. VIII, 1900, S. 293). — Vielleicht läßt die vorstehende Darstellung trotz der von uns gemachten Einschränkungen die Entwicklung in den Augen des Lesers kontinuierlicher erscheinen, als sie in Wirklichkeit gewesen ist. Wiederholen wir also, daß die Mehrzahl dieser Denker (die Ausnahmen glauben wir ausdrücklich erwähnt zu haben) ihre Vorgänger anscheinend überhaupt nicht gekannt haben und daß sie, wie es scheint, ziemlich unabhängig von einander zu ihren Ergebnissen gelangt sind. — Eine vollständige Darstellung der Geschichte dieser Ansichten findet der Leser in *De l'explication dans les sciences*, Kap. XVII, S. 314 bis 342.

gewendet werden können, und wenn man auch zugeben mag, daß die Grundgedanken, auf denen die Methoden von NEWTON und LEIBNIZ beruhen, im Keime schon vor den Arbeiten dieser Forscher existiert haben, so kann man ihnen doch schwerlich einen aktiven Anteil an der Bildung des Begriffes des Bewegungszustandes zuschreiben. Vielmehr scheint es, als habe im Gegenteil dieser letzte Begriff, nachdem er auf die von uns geschilderte Weise entstanden war, zur Ausbildung der mathematischen Begriffe beigetragen, die der Infinitesimalrechnung zugrunde liegen.

VIERTES KAPITEL

Die Erhaltung der Materie

Dieses Prinzip findet sich in sehr verschiedenen Formulierungen ausgesprochen. Wir wollen zunächst die Formulierung: „Nichts entsteht und nichts vergeht“ ausschalten. Man betrachtet sie noch manchmal als Ausdruck unseres Prinzips; aber sie ist offensichtlich viel zu weit; sie paßt ebenso gut auf das Prinzip der Erhaltung der Geschwindigkeit und auf das der Erhaltung der Energie. Das kann uns auch nicht weiter überraschen, denn wir haben ja gesehen, daß jener Satz eine der Formulierungen des Kausalitätsprinzips ist. Man muß also mindestens sagen: Die Materie kann weder entstehen noch vergehen. Aber auch diese Ausdrucksweise ist noch nicht präzise genug. Hier habe ich eine Stange Silber. Ihre Farbe, ihr Glanz, ihre Härte, ihre Geschmeidigkeit, ihre elektrische und ihre thermische Leitfähigkeit, mit einem Wort ihre sämtlichen mir bekannten physikalischen Eigenschaften gehören sicher als integrierende Bestandteile zu meinem Begriff von dieser Materie. Will man behaupten, daß alles dies unzerstörbar sei? Sicherlich nicht! Genügt es doch, das Metall in Salpetersäure aufzulösen, damit alle diese Eigenschaften verschwinden. Der Ausdruck *Materie* ist also hier in einer engeren Bedeutung verstanden, als man sie ihm gewöhnlich unterlegt: man muß daher den Ausdruck für das Prinzip durch eine Definition dieses Begriffes ergänzen. Der Chemiker bedient sich der Wage, um die Materie durch solche Modifikationen hindurch zu verfolgen, wie wir sie eben die Stange Silber haben durchmachen lassen. Mit Hilfe der Wage hat LAVOISIER seine „chemische Revolution“ — um mit BERTHELOT zu sprechen — vollbracht. Es scheint demnach, als müßte man den Begriff *Materie* als „das Wägbare“ definieren. Indessen dieses Gewicht, dessen Unzerstörbarkeit wir soeben zu behaupten schienen, ändert sich je nach dem Ort, an dem wir den Versuch machen, ohne daß wir davon überrascht wären.

Am Pol wird es nicht genau denselben Betrag haben wie am Äquator, und wir nehmen an, daß dieselbe Stange Silber noch ein ganz anderes Gewicht zeigen würde, wenn wir sie — selbstverständlich mit einer Federwage — auf dem Monde wögen. Wir können diese Änderungen dadurch eliminieren, daß wir das Gewicht durch die Schwerebeschleunigung g dividieren, deren Verschiedenheit an den verschiedenen Orten jene Änderungen bedingt. So gelangen wir zu dem Begriff „Masse“ m , der mit dem Gewicht p durch die Gleichung $p = mg$ verknüpft ist. Nunmehr können wir unser Prinzip als das der Erhaltung der Masse präzisieren. Wir wollen in diesem Kapitel bei dieser Definition stehen bleiben. Später (S. 245 ff.) werden wir sehen, daß sie in Wirklichkeit nicht den ganzen Inhalt des Prinzips erschöpft; dieses enthält nämlich außerdem noch eine Aussage, die zwar nicht so leicht zu formulieren, aber nichtsdestoweniger sehr wichtig ist.

Die Erhaltung des Gewichtes der Materie ist schon im Altertum ausgesprochen worden. Man kann daran nicht zweifeln, wenn man *De natura rerum* mit einiger Aufmerksamkeit liest. Allerdings beweist das „*nil posse creari de nihilo*“ gar nichts; schon der Zusammenhang zeigt deutlich, daß LUKREZ diese Formel in ihrem allgemeinsten Sinne verstand, d. h. daß sie das Kausalprinzip selbst ausdrückte.¹ Aber er wendet diese Formel auch auf die Atome an. Sie sind ewig, ungeschaffen und unzerstörbar.² Sie haben auch Gewicht. Alle Materie ist schwer; es gibt keinen absolut leichten Körper, d. h. keinen, der das Bestreben hätte, in die Höhe zu steigen,³ und das Gewicht ist das wahre Maß für die Quantität der Materie.⁴ Daraus folgt mit voller Evidenz, daß das Gewicht konstant bleiben muß, und obgleich diese Regel in *De natura rerum* nirgends ausdrücklich ausgesprochen wird, so kann man doch nicht daran zweifeln, daß sie in gewissen antiken Philosophenschulen so verstanden und gelehrt worden ist. Das bezeugt eine merkwürdige Stelle in einer dem LUKIAN zugeschriebenen Abhandlung: „Wenn ich tausend Minen Holz verbrenne, Daemonax, wieviel Minen Rauch wird das geben? Wäge die Asche, sagt er, der Rest ist das gesuchte

¹ LUKREZ, *De natura rerum*, Buch I, Vers 150 ff.

² Dasselbst, Buch I, Vers 486—487 und 500.

³ Buch II, Vers 185—186.

⁴ Buch I, Vers 361—363.

Gewicht des Rauches“.¹ DAEMONAX war ein Kyniker aus dem II. Jahrhundert unserer Zeitrechnung. Er scheint sich ausschließlich mit Moral, Theologie und Politik beschäftigt zu haben.² Nichts deutet darauf hin, daß er sich zu atomistischen Ansichten bekannt oder daß er sich mit naturwissenschaftlichen Fragen beschäftigt hätte. Um so bedeutsamer ist das Zitat, denn es beweist, daß diese Schlußfolgerung, die wir heute auf Grund unseres Prinzips in ähnlicher Weise vollziehen, in den damaligen Philosophenschulen gang und gäbe geworden war. — Es steht übrigens fest, daß LUKREZ nur die Lehren seines Meisters EPIKUR wiederholt hat, und es ist zum mindesten sehr wahrscheinlich, daß dieser Teil der Lehre bereits von DEMOKRIT formuliert worden ist, vielleicht sogar schon von LEUKIPP.³

Man kann sagen, daß in gewissem Sinne die alten Atomisten zugleich mit der Konstanz des Gewichtes auch die der Masse annehmen mußten. Es scheint nämlich, daß für sie diese beiden Begriffe durchaus zusammenfielen. Es ist ziemlich schwer, sich auszumalen, wie DEMOKRIT und EPIKUR sich die Bewegungen der Atome im leeren Raum vorgestellt haben, da ihnen ja das Trägheitsprinzip mit allen sich daran knüpfenden Gedankengängen unbekannt blieb. Aus der Art, wie ARISTOTELES seine Theorie der Bewegung im Vollen auseinandersetzt, glaubt man beinahe zu erraten, daß da in den Ansichten seiner Gegner eine Lücke vorhanden gewesen sein muß, über die der Stagirit mit einiger Befriedigung triumphiert. Doch wie dem auch sei, soviel steht fest, daß in dem Gedicht des LUKREZ die Atome durch ihr Gewicht wirken. Damit wird dieser Begriff, der bereits ein untrennbares Attribut der Materie ist, zugleich zum direkten Maß ihres Wirkungsprinzips; d. h. statt $p = mg$ zu setzen, setzt man einfach $p = m$. Es ist übrigens zuzugeben, daß diese Verwechslung unserem unmittelbaren Gefühl entspricht;

¹ LUKIAN VON SAMOSATA, *Werke*, franz. Übers. v. TALBOT, Paris 1882, Bd. I, S. 531.

² Vgl. J. BERNAYS, *Lukian und die Kyniker*, Berlin 1876, S. 27, 43, 57, 95. BERNAYS bezweifelt, daß die Abhandlung über DAEMONAX von LUKIAN herühre, schreibt sie aber einem Zeitgenossen des DAEMONAX zu.

³ Vgl. z. B. ARISTOTELES, *De coelo*, I, 7, woraus hervorzugehen scheint, daß die Atomisten deutlich die Schwere aller Körper behauptet haben. Hinsichtlich der Atome sind die direkten Zeugnisse aus dem Altertum etwas widerspruchsvoll. Indessen kommt MABILLEAU nach ihrer Besprechung zu dem Ergebnis, daß DEMOKRIT den Atomen Schwere zuschreibt (MABILLEAU a. a. O., S. 211).

wir neigen fortwährend dazu, sie zu begehen, und seit unserem Anfangsunterricht in der Mechanik hat es uns immer eine gewisse Anstrengung gekostet, die beiden Begriffe auseinanderzuhalten.¹

So groß man auch die Verbreitung der atomistischen Vorstellungen im Altertum annehmen mag, sie mußten dennoch ihre Herrschaft über die Geister mit gewissen Rivalen teilen. Die Lehre des ARISTOTELES, die in den folgenden Jahrhunderten ein so glänzendes Schicksal erfahren sollte, widersprach der des LEUKIPP und DEMOKRIT bewußt in fast allen Punkten. Ganz wie die Atomisten scheint auch ARISTOTELES Masse und Gewicht als mechanische Wirkungsprinzipien zu verwechseln. Andererseits aber trennt er durchaus die Begriffe Materie und Gewicht. Das Gewicht ist ihm eine zufällige Eigenschaft der Materie. Es ist die Resultante aus der Wirkung zweier entgegengesetzter Prinzipien, der Schwere und der Leichtigkeit. „Es gibt Dinge, die sich von Natur immer vom Zentrum entfernen, und andere, die auf ebenso natürliche Weise stets zum Zentrum hingezogen werden . . . So sagen wir also, daß ein Körper absolut leicht sei, wenn er nach oben und gegen das äußerste Ende getrieben wird, und wir sagen, daß er absolut schwer sei, wenn er nach unten, d. h. gegen das Zentrum hingeht“.² Das ist für zwei von den vier Elementen der Fall, die die Theorie des ARISTOTELES kennt: „Das Feuer hat keine Schwere, noch die Erde Leichtigkeit“.³ Das Wasser und die Luft dagegen besitzen sowohl Schwere wie Leichtigkeit, wobei jene im Wasser, diese in der Luft überwiegt. Man sieht, in welchem Grade das, was wir Gewicht nennen, in dieser Theorie ein abgeleiteter Begriff ist. Es ist auch offensichtlich eine akzidentielle Eigenschaft. Schon PLATON hatte hervorgehoben, daß die Elemente sich unausgesetzt ineinander verwandeln.⁴ Übrigens lehrt ja bereits die tägliche Erfahrung, daß Luft und Feuer bei den Umwandlungen der Materie eine Rolle spielen: das siedende Wasser, das brennende Holz. Daher stellen ARISTOTELES und seine Anhänger das Gewicht mit der Farbe und der Wärme auf eine Stufe.

¹ Vgl. unten S. 187.

² ARISTOTELES, *De coelo*, IV, 1.

³ Dasselbst IV, 2.

⁴ PLATON, *Timaeus*; ARISTOTELES, *De coelo*, III, 3. — Vgl. die Darstellung der peripatetischen Lehre bei GALILEI. *Massimi sistemi, giornata prima* (*Opere*, Florenz 1842, Bd. I, S. 48).

Es ist bekannt, welche Vorherrschaft diese Lehren während des Mittelalters ausgeübt haben.¹ Allerdings finden sich bei den Alchemisten hin und wieder Schlußfolgerungen, die auf Gewichtsbetrachtungen gegründet sind. Möglicherweise handelt es sich hier um einen Teil der Erbschaft, die noch aus den Ursprüngen dieser Wissenschaft stammt, d. h. aus einer Zeit, die vor der Herrschaft der Philosophie der substanziellen Formen liegt. Man kann auch annehmen, daß die atomistischen Theorien, deren Reflex, wie wir sahen, sich in manchen sehr verbreiteten Schriften findet, einen gewissen Einfluß ausgeübt haben. Andererseits muß aber auch gesagt werden, daß jene Schlußfolgerungen nicht in direktem Widerspruch zu der herrschenden Philosophie standen. Gewiß war es sehr schwierig, über die substanziellen Formen zu dem numerischen Begriff des *Gewichts* zu gelangen; nimmt man aber diesen Begriff als gegeben an, — der gemeine Verstand und die tägliche Erfahrung sorgen zur Genüge dafür — so ist es nur sehr natürlich, wenn man den Beobachtungen über das Gewicht eine gewisse Bedeutung beimißt, so wie man das ja auch mit den Beobachtungen über die Farbe oder die Temperatur der Körper tut. Aber darin unterscheiden sich diese Ansichten von den unsrigen, daß für uns die Betrachtungen, die sich auf das Gewicht gründen, den Vorrang vor allen anderen ohne Ausnahme genießen. Das sind Gedankengänge, die der mittelalterlichen Naturwissenschaft durchaus fremd waren. Nicht selten

¹ Nach gewissen neueren Arbeiten wäre die Herrschaft der peripatetischen Philosophie im Mittelalter eine sehr viel weniger absolute gewesen, als man bisher angenommen hatte. Besonders F. PICAVET hat in seiner *Esquisse d'une histoire générale et comparée des philosophies médiévales* (2. Aufl. Paris 1907) zu beweisen versucht, daß der wahre Meister der Philosophie des Mittelalters nicht ARISTOTELES, sondern PLOTINUS gewesen sei. Diese auf ein vertieftes Studium der Texte gestützte Behauptung hat indessen zahlreichen Widerspruch gefunden (Daselbst, S. 110 f., Anm.). Durch ihre Annahme würde unsere Darstellung keine wesentliche Änderung erfahren. PICAVET hebt hervor, was alles PLOTINUS ARISTOTELES verdankt. Schon PORPHYRIUS hat festgestellt, daß „die Metaphysik des ARISTOTELES sich in kondensierter Form ganz und gar in dem Werk des Neoplatonikers findet (Daselbst, S. 49); kurz: von ARISTOTELES bezieht er seine Logik und seine Wissenschaft von der Sinnewelt (Daselbst, S. 88, 113). Wenn also auch ARISTOTELES während eines großen Teiles des Mittelalters mehr genannt als gelesen worden sein mag (Daselbst, S. 143), so geht dennoch auf ihn mittelbar oder unmittelbar die Philosophie jener Periode zurück, mindestens hinsichtlich der Sinnewelt (Daselbst, S. 89—91, 177). Aber man kennt ihn nur unvollkommen, vor allem durch seine neuplatonischen Kommentatoren, er wird nicht immer verstanden und mit einer gewissen Freiheit interpretiert und ergänzt (Daselbst S. 93). Im Verlaufe unserer Arbeit wird man auf einige Tatsachen stoßen, die diese Ansicht zu unterstützen geeignet sind (vgl. besonders S. 339 f.).

findet man in den Schriften dieser Epoche Stellen, an denen die Konstanz des Gewichtes mehr oder weniger direkt geleugnet wird, ohne daß der Verfasser sich bewußt zu sein scheint, daß er eine kühne Behauptung aufstellt. So erwähnen die Alchemisten, wenn sie von der Transmutation sprechen, manchmal auch die Gewichtsveränderung des Metalls. „Durch unser *Artificium*, sagt GEBER, bilden wir leicht Silber mit Blei; bei der Verwandlung behält dieses nicht sein eigenes Gewicht, sondern es verwandelt sich in ein neues Gewicht“. Ebenso „gewinnt das Zinn an Gewicht im Magisterium“.¹ Wer heute diese Behauptungen liest, ist immer zunächst zu der Annahme geneigt, entweder, daß der Verfasser nur eine Änderung des spezifischen Gewichtes gemeint, oder daß er das Hinzutreten einer Materie angenommen habe, die aus der Luft oder dem Feuer herstammte; aber in Wirklichkeit erschien ein solches Hinzutreten neuer Materie den Alchemisten keineswegs als unentbehrlich; und was das spezifische Gewicht betrifft, so wurde dieses meistens mit dem absoluten verwechselt. Diese Verwechslung tritt auch noch in einer späteren Epoche sehr häufig auf; nicht nur SCALIGER begeht sie im XVI. Jahrhundert, sondern sogar noch am Vorabend der großen, durch LAVOISIER herbeigeführten Revolution tun das KUNCKEL und JUNCKER.² Dieser Irrtum erscheint als ganz natürlich, wenn man darüber nachdenkt. Falls das Gewicht nicht als eine wesentliche Eigenschaft, sondern als zufällige Qualität der Materie betrachtet wird, liegt es doch nahe, wenn diese Qualität sich offensichtlich ändert, d. h. wenn das spezifische Gewicht sich ändert, anzunehmen, daß auch das Gesamtgewicht eine Änderung erfährt.³

¹ KOPP, *Geschichte der Chemie*, Braunschweig 1845, Bd. III, S. 119. KOPP meint, daß es sich um die Gewichtsvermehrung handelt, die Blei und Zinn bei der Oxydation erfahren. Danach hätte also dieselbe Erscheinung, die schließlich soviel zur Begründung des Gesetzes von der Erhaltung des Gewichtes beigetragen hat, ursprünglich dazu gedient, das Gegenteil zu begründen, in Folge der vorgefaßten Meinung, daß der Körper bei der Oxydation etwas verliere.

² KOPP, a. a. O. S. 120, 126, 128. Es ist interessant, daß KOPP selbst der Versuchung erlegen ist, eine Stelle bei ALBERTUS im modernen Sinne zu interpretieren (indem er zu dem Wort *Gewicht* das Beiwort *spezifisch* hinzusetzt; *Die Alchemie in älterer und neuerer Zeit*, Heidelberg 1886, I, S. 17). Man braucht die von ihm zitierte Stelle nur ohne vorgefaßte Meinung zu lesen, um sich davon zu überzeugen, daß ALBERTUS durchaus eine Vermehrung des absoluten Gewichtes behaupten wollte.

³ Um das Prinzip der Erhaltung des Gewichtes zu begründen, sagt JEAN REY: er werde „ores porter le dementi à cette maxime erronée, qui a eu cours depuis la naissance de la Philosophie, que les elements allant mutuellement au

Der Kanzler BACON, der über die Eigenschaften der Materie ähnliche Ansichten wie die Alchemisten vertrat, hat die Existenz absolut leichter Körper¹ und die Änderung des Gewichtes durch Zustandsänderung² behauptet, obgleich er an anderer Stelle feierlich die Konstanz des Gewichtes verkündet, wobei er diesen Gedanken vermutlich den antiken Atomisten entlehnt.³

Bei den Verfassern dieser Zeit findet man manchmal Schlußweisen, die das Prinzip von der Erhaltung des Gewichtes voraussetzen. So z. B. der Versuch des KUSANERS, der zum Beweise, daß die Pflanze ihren Stoff vor allem dem Wasser entnimmt, eine gewisse Menge Erde in einem Topf wägt, Samen hineintut, sie begießt und die Erde von neuem wägt, nachdem die kräftig gewachsene Pflanze herausgenommen worden ist; er stellt dabei fest, daß das Gewicht fast dasselbe geblieben ist.⁴ Es ist aber sicher, daß man solchen Überlegungen nur einen sehr sekundären Wert beimaß. WISLICENUS behauptet in einer Zusammenfassung der alchemistischen Glaubenssätze, daß sie von der Möglichkeit überzeugt gewesen seien, mittels winziger Mengen von Magisterium Pfunde Blei in Zentner reinsten Goldes zu verwandeln.⁵ Es würde wahrscheinlich schwer halten, diese Behauptung direkt mit einer Stelle aus einem damaligen Autor zu belegen; man hat aber durchaus den Eindruck, daß eine solche Ansicht damals nicht so wunderbar erschienen ist, wie sie uns heute vorkommt. Wenn man im übrigen bei den Alchemisten Behauptungen über Gewichtsveränderungen verhältnismäßig selten begegnet, so liegt das nicht daran, daß sie eine solche Änderung als eine seltene Erscheinung ansahen, sondern daran, daß sie ihr absolut keine Bedeutung beimaßen, die geringste qualitative Veränderung erschien ihnen zweifellos viel bedeutsamer. Diese Behauptungen finden sich viel häufiger in späteren Epochen, in denen die Ansichten

change de l'un à l'autre, ils perdent ou gagnent de la pesanteur, à mesure qu'en ce changement ils se rarifient ou condensent" (*Essays*, Neudruck, Paris 1896, S. 48).

¹ BACON, *Works*, London 1837, Bd. I, S. 173 (*Sylva sylvarum*, § 789).

² Dasselbst, Bd. II, S. 361 (*De augmentis scientiarum*, Buch V, Kap. 3).

³ Ders., *Novum organon*, Buch II, § 40; vgl. *Historia densi et rari*, *Works*, Bd. II, S. 538.

⁴ Vgl. ROSENEBERGER, *Geschichte der Physik*, Bd. I, S. 107. Es handelt sich offenbar um den Versuch, den man im allgemeinen VAN HELMONT zuschreibt, und durch den dieser die Verwandlung von Wasser in Erde beweisen wollte.

⁵ WISLICENUS, *Die Chemie und das Problem der Materie*, Rektoratsrede, Leipzig, 31. Okt. 1893, S. 24.

über diese Frage sich den unsrigen mehr nähern, und gerade weil sie das tun. Im Mittelalter hätte sich niemand über Berichte gewundert wie die von den Versuchen REUSSINGS, DIERBACHS und STAHLs im XVIII. Jahrhundert, bei denen das Gewicht der ursprünglich verwendeten Masse sich um einen Bruchteil vermehrte, ja sich beinahe verdoppelte.¹ Ein Alchemist wäre über diese Einzelheit vermutlich mit Stillschweigen hinweggegangen, da sie ihm nicht geeignet erschienen wäre, die Einbildungskraft des Lesers zu erregen.

Wenn man nun nicht an die Konstanz des Gewichtes glaubte, hielt man etwa die Masse für konstant? Gewiß war man überzeugt, daß etwas der Materie Wesentliches, ihre „Substanz“ durch alle Veränderungen hindurch Bestand hätte. Da man aber, übrigens mit Recht, den Begriff der Materie von der Erscheinung der Schwere getrennt hatte, so wurde es nun unendlich viel schwieriger, ein quantitatives Substrat für die Materialität zu finden. Es ist zum mindesten müßig, sich den Kopf darüber zu zerbrechen, ob man durch eine logische Weiterentwicklung der Lehre des ARISTOTELES vielleicht doch zu einer Auffassung von der Masse hätte gelangen können, welche die Bestimmung eines numerischen Koeffizienten gestattet hätte. In Wahrheit lag der Philosophie der substanziellen Formen das Interesse für quantitative Beziehungen ganz fern. Überall, wo man im Mittelalter Keime des Massenbegriffes findet, wie z. B. bei ALBERTUS de SAXONIA, entwickelt sich diese Vorstellung in offenbarem Gegensatz zu den Aristotelischen Ideen und knüpft an die Theorie vom *impetus* an.² Um die Mitte des XV. Jahrhunderts spricht CAJETANUS de Thiena in diesem Zusammenhang von *akzidentieller Schwere*³ und dieser Ausdruck findet sich bei LIONARDO wieder.⁴ KEPLER, der den wesentlichen Inhalt des Massenbegriffs erfaßt hatte, vergleicht ihn auch mit dem des Gewichtes, natürlich ohne die beiden zu verwechseln.⁵ Noch deutlicher erscheint die Idee der Masse bei DESCARTES. Allerdings tut DESCARTES bei jeder Gelegenheit so, als spräche er von der *Größe* der Körper (z. B. wenn

¹ Vgl. über diese Transmutationen: KOPF, *Geschichte*, Bd. II, S. 176—177. STAHL ist nicht der berühmte Chemiker, sondern ein anderer Forscher gleichen Namens.

² Vgl. DUHEM, *Léonard*, I, S. 8; II, S. 203.

³ Daselbst, II, S. 204.

⁴ Daselbst, S. 233.

⁵ Vgl. hierzu Anhang II, S. 503 f.

er die Stoßgesetze erläutert),¹ und dieser Ausdruck bleibt auch dann verwirrend, wenn man sich an seine Theorie der Materie erinnert. Bekanntlich war DESCARTES genau wie die Scholastiker — die größten Revolutionäre sind immer in irgendeiner Beziehung konservativ — ein Anhänger des *Vollen*. Die Ausdehnung ist für ihn das einzige wesentliche Attribut der Materie, die Gravitation hält er für eine sekundäre Erscheinung, die der Erklärung bedarf und die er auch in der Tat aus den Bewegungen einer seiner Elementar-substanzen erklärte. Das Gewicht ist genau wie bei den Scholastikern ein Akzidenz. Die wirkliche Quantität der Materie wird durch ihr Volumen angegeben: „Wenn ein Gefäß mit Gold oder Blei angefüllt ist, so enthält es deswegen nicht mehr Materie als wenn wir denken, es sei leer“.² Indessen unterschied DESCARTES in Wirklichkeit durchaus zwischen der Masse und dem Volumen, indem er annahm, daß bei den mechanischen Bewegungen nur die Quantität seines dritten Elementes in Betracht käme.³ Man könnte glauben, daß er die (so verstandene) Masse dem Gewicht proportional annahm; aber diese Idee lag seinem Denken fern, obgleich er in der Praxis das Gewicht sehr oft in diesem Sinne benutzt hat. Da das Gewicht als Folgeerscheinung einer mehr oder weniger komplizierten Bewegung aufgefaßt wurde, so hätte in der Tat die genaue Proportionalität auf einem Zufall beruhen müssen, sogar auf einem schwer zu erklärenden Zufall. Im übrigen hat er seine Ansichten über diese Frage im IV. Teil der *Prinzipien* auseinandergesetzt. Der Titel des XXV. Kapitels lautet: „Daß die Schwere nicht immer dasselbe Verhältnis zur Materie hat“. Das ist nicht, wie man vermuten könnte, eine bloße Wiederholung des oben zitierten Satzes; man muß nämlich beachten, daß die Materie, um die es sich in diesem Kapitel handelt, die *irdische* Materie ist. Das bestätigt übrigens der Wortlaut des fraglichen Kapitels; es heißt dort, daß „die Schwere allein nicht genügt, um zu erkennen, wieviel irdische Materie in jedem Körper enthalten ist“. So könnte es sehr wohl sein, daß „eine Masse Goldes, die zwanzigmal so schwer ist wie eine Menge Wasser von gleicher Größe“, nicht zwanzig, sondern nur vier oder fünfmal soviel Materie enthielte, „da man von dem Wasser ebensoviel abziehen muß

¹ DESCARTES, *Principes*, 2. Teil, Kap. XLVI f.

² DESCARTES, *Le Monde, Oeuvres*, Paris 1909, Bd. XI, S. 21.

³ Ders., *Principes*, 3. Teil, Kap. XLVI.

wie von dem Gold wegen der Luft, worin man sie wägt; dann auch weil die irdischen Teile des Wassers und allgemein die aller Flüssigkeiten, wie das von denen der Luft bereits gesagt wurde, eine gewisse Bewegung besitzen, die sich mit der der feinen Materie vereinigt und dadurch verhindert, daß sie so schwer werden wie die harten Körper.“

Weil es sich um „irdische Materie“ und nicht um Materie schlechthin handelt, kann nicht davon die Rede sein, daß ihre Quantität mit dem Volumen identifiziert wird. Man muß beachten, daß zu der Zeit, als DESCARTES schrieb, die Schwere der Luft bereits ziemlich allgemein anerkannt war. GORLAEUS,¹ CARPENTARIUS,² GALILEI³ hatten sie angenommen und DESCARTES selbst zeigt sich davon überzeugt. Aber, wie wir sahen, genügte das keineswegs, um ihn den Gedanken fassen zu lassen, daß die Schwere ein wesentliches unwandelbares Attribut der Materie sei. Es bleibt nämlich noch das Feuer übrig, und von diesem Element nimmt DESCARTES genau wie die Scholastiker an, daß es gewichtslos sei. „Nehmen wir die Schwere weg“, sagt er bei dem Versuch „die Natur des Körpers“ zu ermitteln, „denn wir sehen, daß das Feuer, obwohl es sehr leicht ist, trotzdem ein Körper bleibt“.⁴

Die Auffassung DESCARTES' bot gegenüber derjenigen der alten Atomisten den großen theoretischen Vorteil, daß die beiden Begriffe der Masse und des Gewichts völlig getrennt wurden. Aber natürlich wurde es schwer, eine Konstanz des Gewichtes zuzugeben. DESCARTES hätte wahrscheinlich auch Änderungen der Masse zugelassen, da letzten Endes seine verschiedenen Elemente aus derselben Materie bestehen.

Vor der Veröffentlichung der *Prinzipien*, aber zu einer Zeit, da die Autorität des DESCARTES bereits anerkannt zu werden begann, erschienen die *Essays* von JEAN REY. War REY von den alten Atomisten beeinflusst? Das ist möglich, denn LUKREZ wurde damals ziemlich viel gelesen, und eine gewisse Überlieferung der atomistischen Lehren hatte sich, wie wir sahen, bei den Medizinern erhalten. Dieser Umstand würde übrigens in keiner Weise das Verdienst REYS

¹ GORLAEUS, *Exercitationes philosophicae* etc., Leyden 1620, S. 154, 332.

² CARPENTARIUS, *Philosophia libera*, Oxford 1622, S. 66.

³ GALILEI, *Alcuni scritti inediti* etc., ed. FAVARO, Bolletino di bibliografia etc., Bd. XVI, Rom 1885, S. 28, 53, 95.

⁴ DESCARTES, *Principes*, 2. Teil, Kap. XI.

schmälern; denn was bei LUKREZ nur erschlossen war und in zweiter Linie stand, erscheint hier zum ersten Male als die „unerschütterliche Grundlage“, als das große Prinzip, das die Veränderungen in der Natur regelt. Übrigens knüpft REY dieses Gesetz an keine besondere Theorie der Materie. Er versucht eine Art Beweis *a priori* von seinem Prinzip zu geben. Dieser besteht aus wenigen Zeilen und lautet: „Man nehme eine Menge Erde, die in sich die geringste Schwere hat, die möglich ist, und unterhalb deren sie nicht bestehen kann; diese Erde werde mit den bekannten Mitteln, die die Natur anwendet, in Wasser verwandelt; es leuchtet dann ein, daß dieses Wasser Schwere besitzen wird, denn jedes Wasser muß solche haben; sie muß nun entweder größer oder kleiner sein als die, die in der Erde war, oder ebenso groß. Daß sie größer sei, werden sie nicht sagen (denn sie bekennen sich zum Gegenteil), und ich will es auch nicht sagen; kleiner kann sie nicht sein, da ich sie so klein genommen habe, wie sie irgend sein kann; es bleibt also nur übrig, daß sie ebenso groß ist, was ich beweisen wollte“.¹ Offenbar steht dieser Beweis auf recht schwachen Füßen; vor allem wird darin das, was zu beweisen ist, zum großen Teil vorausgesetzt.² Man glaubt beinahe zu erraten, daß REY selbst diesem Beweise keinen allzu großen Wert beigemessen habe. Dagegen gibt er sich große Mühe, zu beweisen, daß die Luft schwer ist und daß sie durch verschiedene Verfahren *verdichtet* werden kann. Diese verdichtete Luft ist es, die bei der Vermischung mit dem kalzinierten Zinn (REY scheint das Hinzutreten der Luft und die Bildung des Kalkes als zwei getrennte Vorgänge aufgefaßt zu haben)³ dessen Gewicht vermehrt, da feststeht, daß jede andere Ursache ausgeschlossen ist, wie REY mit großer Strenge nachweist, indem er sich auf die Versuche anderer sowie auf seine eigenen stützt.⁴ Kurz: hinsichtlich des Prinzips der Erhaltung des Gewichts beweist REY, daß in zwei besonderen Fällen, in denen man es für verletzt halten könnte, die Abweichung sich durch die Annahme erklären läßt, daß Luft hinzutritt; und viel mehr als das Prinzip selbst

¹ JEAN REY, *Essays sur la recherche de la cause pour laquelle l'estain et le plomb augmentent de poids quand on les calcine*, Bazas 1630, Neudruck, Paris 1896, S. 49.

² REY wußte sehr wohl, daß man nicht nur eine Verminderung, sondern auch eine Vermehrung des Gewichtes infolge einer chemischen Operation für möglich hielt (vgl. oben S. 162, Anm. 3).

³ Vgl. unsere Arbeit über JEAN REY, *Revue Scientifique*, VII, 1884, S. 302.

⁴ REY, a. a. O. S. 100—129.

bildet eigentlich die Erklärung dieser besonderen Erscheinung, wie das ja übrigens auch der Titel sagt, den wahren Gegenstand dieses Werkchens, das bei der Nachwelt mit Recht berühmt ist, den Zeitgenossen aber gänzlich unbekannt blieb.

Warum die klare Darstellung des Arztes von Bazas so wenig Erfolg hatte, das dürfte nicht allzu schwer zu erklären sein. Gewiß war REY ein unbekannter Mann, der in einem weltverlorenen kleinen Provinznest saß. In diesem Jahrhundert, in dem der briefliche Verkehr der Gelehrten untereinander doch ein so überaus lebhafter war, scheint REY außer mit MERSENNE mit niemandem in Briefwechsel gestanden zu haben: der P. MERSENNE kannte ja alle Welt. Indessen muß man die Ursachen in der Lehre selbst suchen. Die Chemie war gerade im Begriff, sich aus dem halb mystischen Nebel der alchemistischen Rezepte zu lösen; sie stand ganz unter der Herrschaft der Vorstellung vom qualitativen Element. Später werden wir sehen, welche Lebenskraft diese Theorie besaß und wie stark sie noch anderthalb Jahrhunderte später in der Verteidigung gegen die heftigen Angriffe LAVOISIERS und seiner Schüler war, obwohl damals das Reich der bekannten Tatsachen ungeheuer erweitert war. Man begreift, daß unter diesen Umständen die Theorie REYS, in der gar keine Rücksicht auf die Qualität genommen wurde, von der öffentlichen Meinung der Chemiker von vornherein abgelehnt worden ist. Die Physiker andererseits mußten sich dadurch abgestoßen fühlen, daß REY, ohne irgendeine eigene Theorie der Materie aufzustellen, sich in offenkundigen Widerspruch mit den beiden Theorien setzte, die sich zur damaligen Zeit in die Herrschaft über die Geister teilten, und dies in einer Frage, in der diese beiden Theorien einig waren: sowohl ARISTOTELES als DESCARTES sahen das Gewicht als eine zufällige Eigenschaft der Materie an, REY dagegen kam auf die Ideen der alten Atomisten zurück. ARISTOTELES und DESCARTES hatten übrigens rein logisch betrachtet recht, und in gewissem Sinne bedeuten die Ansichten REYS einen wirklichen Rückschritt.

Die Gedanken DESCARTES' trugen schließlich sowohl in der Naturwissenschaft wie in der Philosophie den Sieg davon. „Alle Akzidentien außer der Größe und der Ausdehnung (der Körper) können erzeugt oder zerstört werden“ erklärt HOBBS,¹ und man erkennt,

¹ HOBBS, *Elements of philosophy*, Ausg. MOLESWORTH, London 1835, S. 116.

daß in dieser Theorie für die Erhaltung des Gewichts kein Raum ist. Noch LEIBNIZ schließt manchmal ähnlich. Das Wasser enthält im gleichen Volumen ebensoviel Materie wie das Quecksilber, nur daß zu der eigentlichen Materie des Wassers „eine fremde schwerelose Materie hinzutritt, die durch die Poren des Wassers hindurchgeht“; denn, so schließt er, „es ist eine seltsame Fiktion, alle Materie für schwer zu halten“.¹ Indessen erfaßte LEIBNIZ sehr klar das, was wir heute mit dem Ausdruck *Masse* bezeichnen²; es wäre vielleicht eine Übertreibung, zu behaupten, daß er diesen Begriff „erfunden“³ hätte; aber er hat ihn jedenfalls von den Nebeln befreit, in die er bei DESCARTES noch teilweise gehüllt war.

HUYGENS sagt klar, daß durch das Gewicht die Quantität der Materie gemessen wird.⁴ NEWTON bestätigt durch genaue Versuche,⁵ daß das Gewicht der Masse proportional ist, was ja übrigens bereits aus den Versuchen GALILEIS⁶ folgte. Bei NEWTON gibt es keine imponderable Materie; aber bald nach ihm erhält dieser Begriff seinen festen Platz in der Wissenschaft, wodurch die Entfaltung des Prinzips der Erhaltung des Gewichts nicht gerade begünstigt wurde. Es ist im allgemeinen schwierig, sich von den wahren Meinungen der Physiker des XVII. und XVIII. Jahrhunderts ein Bild zu machen, soweit sie die Erscheinungen betrafen, die wir als chemische bezeichnen. Diese Erscheinungen bildeten ein wenig bekanntes und, man möchte beinahe sagen, übel berüchtigtes Gebiet, das aus einem ungeheueren Haufen halb mysteriöser Tatsachen bestand. Die Physiker wagten sich nicht gern auf dieses Gebiet, oder sie behandelten es, wenn sie schon von ihm sprachen, in ganz allgemeinen Wendungen, ohne sich weder mit den Feststellungen der Chemiker noch vor allem mit ihren Theorien zu befassen.⁷ Waren doch auch die Methoden der beiden Disziplinen völlig verschieden. Die Physiker befolgten die mathematische Methode, während die Chemiker sich

¹ LEIBNIZ, *Opera*, Ausg. ERDMANN, S. 767.

² Vgl. Anhang I, S. 481 f., sowie II, S. 503 f.

³ Vgl. L. COUTURAT, *Sur le système de Leibniz d'après M. CASSIRER*, *Revue de métaphysique*, Bd. XI, 1903, S. 89.

⁴ HUYGENS, *Discours de la cause de la pesanteur*, Leyden 1690, S. 140: „Je démontreray . . . que . . . la pesanteur des corps suit précisément la proportion de la matière, qui les compose.“

⁵ NEWTON, *Prinzipien*, S. 389.

⁶ Vgl. BRILLOUIN, *Recherches récentes sur diverses questions d'hydrodynamique*, Paris 1891, S. 37.

⁷ Vgl. KOPF, *Geschichte*, Bd. I, S. 281.

ausschließlich mit der Qualität befaßten. ROBERT BOYLE ist der einzige in dieser Epoche, der eine Ausnahme bildet. Sowohl als Physiker wie als Chemiker bedeutend, versucht er die Vorteile beider Methoden zu vereinigen. Sehr bemerkenswert ist, daß BOYLE, ohne das Prinzip irgendwo auszusprechen, dennoch ständig so schließt, als setzte er die Erhaltung des Gewichts voraus.¹ Aber BOYLE machte keine Schule; die Trennung der Physiker von den Chemikern blieb nach ihm wie zuvor bestehen. Deswegen läßt sich so schwer sagen, ob die Physiker dieser Zeit die Möglichkeit einer Gewichtsveränderung im Laufe einer chemischen Operation zugaben oder nicht. Erwägt man alles, so gelangt man zu der Ansicht, daß mindestens diejenigen Physiker, welche die Existenz von Imponderabilien annahmen, nichts Anstößiges in der Hypothese fanden, daß solche Imponderabilien bei chemischen Reaktionen eine Rolle spielen und daß dadurch Gewichtsänderungen eintreten.

Bei den Chemikern war das jedenfalls die allgemeine Meinung. Das Imponderabile, das sie am meisten benutzten, war nichts anderes als das „elementare Feuer“, das vierte Element des ARISTOTELES; der „Sulphur“ des PARACELSUS war direkt daraus abgeleitet und später das Phlogiston BECHERS und STAHLs desgleichen. In allen diesen Verwandlungen hatte es ein gewisses Vorrecht bewahrt, nämlich sich den Gewichtsüberlegungen zu entziehen. Noch am Vorabend von LAVOISIERS großer Revolution der Chemie erschien die Vorstellung, daß das Phlogiston ein absolut leichter Körper von negativem Gewicht sei, keineswegs als anstößig. Das erkennt man deutlich an der Art, wie diese Annahme in den Anmerkungen behandelt wird, die die Übersetzung von KIRWANS *Essay on Phlogiston* begleiten und die, ein gemeinsames Werk der neuen siegreichen Schule, gewissermaßen ein Brevier ihrer Lehre darstellen.²

Indessen war schon im XVII. Jahrhundert die Behauptung aufgestellt worden, daß das Feuer schwer sei, ungefähr um dieselbe Zeit, da man dies von der Luft erkannte. CARPENTARIUS³ und GALILEI⁴

¹ BOYLE, *Works*, London 1744, Bd. III, *New Experiments to make Fire and Flame ponderable etc.*, S. 318, 342—352.

² KIRWAN, *Essai sur le phlogistique et sur la constitution des acides*, übersetzt und mit Anmerkungen versehen von DE MORVEAU, LAVOISIER, DE LA PLACE, MONGE, BERTHOLLET und DE FOURCROY, Paris 1788, S. 3.

³ CARPENTARIUS, a. a. O. S. 73—74.

⁴ GALILEI, a. a. O., Die von FAVARO herausgegebene Schrift GALILEIS gehört dessen Jugend an und scheint Meinungen wiederzugeben, die zu jener

nehmen das an ebenso wie später ROBERT BOYLE.¹ Wenn diese Auffassung, anders als bei der Luft, nicht alsbald angenommen wurde, so hat das zweifellos seinen Grund darin, daß der hypothetische Stoff, den man als „Elementarfeuer“ bezeichnete, von ganz besonderer Natur zu sein schien. Indessen breitete sich die genannte Auffassung nach und nach doch aus. Im XVIII. Jahrhundert zählten DUCLOS und HOMBERG² zu ihren Anhängern, und, was besonders bemerkenswert ist, die Vertreter dieser Ansicht begründen sie instinktiv (genau wie BOYLE) in einer Weise, als ob sie dabei das Prinzip der Erhaltung der Materie voraussetzten. „Bei der Analyse der brennbaren Körper“, sagt BERKELEY, nachdem er die Versuche HOMBERGS erläutert hat, „geht das Feuer oder der Schwefel verloren, und die Gewichtsverminderung gibt den Verlust an. Das Feuer oder *vinculum* verschwindet, aber es wird nicht zerstört.“³ In dieser Hinsicht völlig korrekt ist auch die Schlußweise MUSSCHENBROEKS.⁴ Wie JEAN REY sucht er nach den Ursachen für die Gewichtsvermehrung, die gewisse Metalle beim Erhitzen erfahren. Er verwirft die Hypothese, daß diese Vermehrung von den „salzigen, sauren oder öligen Teilen des Feuers“ herrühre. Die Gewichtsvermehrung ist nämlich beim Antimon festgestellt worden, auch wenn es mittels eines Brennsiegels erhitzt worden war. Nun stellen aber die Strahlen der Sonne das reinste Feuer dar; also muß das Elementarfeuer selbst schwer sein. Allerdings könnte man dagegen einwenden, daß der Gewichtszuwachs zu beträchtlich sei; aber „man kennt das Gewicht eines Sonnenstrahles nicht“. Das sind Ansichten, die in der zweiten Hälfte des XVIII. Jahrhunderts ziemlich weit verbreitet sind. So sagt DIDEROT, daß „das Feuer unserer Öfen das Gewicht gewisser

Zeit in gewissen Schulen Italiens landläufig waren. Aus GALILEIS *De motu* (*Opere*, Ausg. FAVARO, Florenz 1890, Bd. I, S. 252), das ebenfalls eine Schulschrift darstellt, kann man entnehmen, daß diese Behauptung von der allgemeinen Schwere der Körper unmittelbar mit der Reaktion gegen den Peripatetismus zusammenhängt.

¹ BOYLE, a. a. O., Bd. III, S. 717.

² Eine gute Zusammenfassung der Frage, so wie sich diese um die Mitte des XVIII. Jahrhunderts darstellte, findet man bei MUSSCHENBROEK, *Cours de physique expérimentale*, franz. Übers. von SIGAUX DE LA FOND, Paris 1769, Bd. II, S. 371.

³ BERKELEY, *Works*, ed. FRASER, Oxford 1871, Bd. II, *Siris*, § 192. — *Siris* erschien 1744.

⁴ MUSSCHENBROEK, a. a. O.

Stoffe, wie z. B. des kalzinierten Bleis, erheblich vergrößert“.¹ Man muß sich indessen hüten, die Tragweite solcher Schlußweisen zu überschätzen; diejenigen, die sich ihrer bedienen, halten sie für längst nicht so entscheidend, wie sie uns erscheinen; und sicher scheinen ihnen Überlegungen, die sich auf die Qualität gründen, vor den quantitativen bei weitem den Vorzug zu verdienen. [KOPP bemerkt, daß der größte Teil der Chemiker im XVIII. Jahrhundert sich nicht einmal Mühe gibt, Gewichtsveränderungen zu erklären, so uninteressant erscheint ihnen diese Tatsache.² STAHL begnügt sich mit der Feststellung, daß das Gewicht der kalzinierten Metalle zunimmt, „obwohl (*quavis*)“ das Phlogiston entweicht.³ Übrigens nimmt STAHL die Ansicht LEMERYS an, wonach das kalzinierte und dann wieder reduzierte Metall weniger als zu Anfang wiegt.⁴ Noch 1778 sieht MACQUER diese Tatsache als außer Zweifel stehend an, kommt aber so wenig wie seine Vorgänger auf den Gedanken, man könnte aus dieser Feststellung schließen, daß etwas von der Materie des Metalls verloren gegangen sei.⁵ Offenbar betrachtet er das Gewicht als eine rein zufällige Eigenschaft, die sich auch ändern kann.

Nichts ist für diesen Geisteszustand bezeichnender als die Erklärung, die MACQUER, der damals als der angesehenste französische Chemiker galt, beim Empfang der Nachricht abgab, daß LAVOISIER die Phlogistontheorie angreifen wolle. MACQUER gestand, daß er einen Augenblick beunruhigt gewesen sei, er hätte sich aber sehr rasch wieder über das Schicksal dieser Theorie beruhigt, nachdem er erfahren hätte, daß LAVOISIER seine Einwände ausschließlich aus quantitativen Gründen schöpfe.⁶

Bekanntlich haben sich manche Gegner LAVOISIERS, darunter seine berühmtesten Zeitgenossen PRIESTLEY und CAVENDISH, bis zum Schluß nicht bekehren lassen; dabei ist es besonders bemerkenswert, daß CAVENDISH, der doch in seinen Versuchen die Wage sehr eifrig benutzte, offenbar nicht an die Erhaltung der Materie geglaubt hat.⁷ Aber nirgends zeigt sich vielleicht so klar der Unter-

¹ DIDEROT, *Pensées sur l'interprétation de la nature, Oeuvres*, Paris 1875, Bd. II, S. 28.

² KOPP, a. a. O., Bd. III, S. 125. — ³ Daselbst, S. 127. — ⁴ Daselbst, S. 141. — ⁵ Daselbst, S. 141.

⁶ Daselbst, Bd. I, S. 223.

⁷ Vgl. BERTHELOT, *Lavoisier*, 2. Aufl., Paris 1902, S. 41 u. 122.

schied zwischen unseren Ansichten und denen der damaligen Zeit, die geringe Wichtigkeit, die man den Gewichtsbetrachtungen zuschrieb, die Leichtigkeit, mit der das Eingreifen imponderabler Körper angenommen wurde, nirgends, sage ich, zeigen sich diese Dinge so klar wie in dem Werk des Mannes, der zwar ein mittelmäßiger Theoretiker aber wahrscheinlich der fruchtbarste Tatsachentdecker dieser wunderbaren Epoche gewesen ist. Für SCHEELE ist die Wärme eine Verbindung von Phlogiston mit Feuerluft (Sauerstoff). Er hält beide Bestandteile für schwer, glaubt aber trotzdem, daß aus ihnen ein imponderabler Stoff entstehen könne. Vereinigt sich Wärme mit sehr wenig Phlogiston, so verwandelt sie sich in Licht; wird sie aber mit einer größeren Menge desselben Phlogiston überladen, so wird sie zu brennbarer Luft, d. h. zu Wasserstoff.¹ Noch bei LAVOISIER selbst kann man die Spuren ähnlicher Ansichten bemerken. So sieht er z. B. die Gase und vor allem den Sauerstoff als Ergebnis der Verbindung eines ponderablen Stoffes mit dem imponderablen Wärmestoff an. Und das ist kein bloßes Bild. BERTHELOT hat sehr richtig bemerkt, daß LAVOISIER wirklich die Wärme als materiellen Bestandteil der Gase betrachtete und daß die Vorstellung, die er sich von diesen machte, bei ihm durch eine Reihe von hypothetischen Zwischengliedern in die der imponderablen Fluida übergang.² So werden bei der Aufzählung der einfachen Substanzen das Licht und der Wärmestoff zusammen mit dem Sauerstoff und Stickstoff angeführt,³ und die Verbrennung erscheint als echte Substitution des Wärmestoffs.⁴

Man kann die endgültige Einführung des Prinzips der Erhaltung der Materie von der Abhandlung LAVOISIERS über *Die Verwand-*

¹ BERTHELOT, a. a. O. S. 88 u. 96.

² Dasselbst, S. 43, 97.

³ *Dictionnaire de chimie de l'Encyclopédie méthodique* (von GUYTON DE MORVEAU), Bd. I, S. 638. Ebenso bei LAVOISIER in den Tafeln des *Traité élémentaire de chimie* (*Oeuvres*, Bd. I, S. 149, 152, 155, 157 usw.), wo der Wärmestoff unter den Elementen erscheint, auf ihn folgen Sauerstoff, Wasserstoff usw. Das Licht wird nicht angeführt, aber im Text derselben Abhandlung (S. 141) ist von seiner großen Affinität zum Sauerstoff die Rede und davon, daß „es sich mit einigen Teilen der Pflanzen verbindet, worauf die grüne Farbe und die Verschiedenheit der Blütenfarben beruht.“

⁴ LAVOISIER, a. a. O. S. 52. „Cette expérience prouve, d'une manière évidente, qu'à un certain degré de température, l'oxygène a plus d'affinité avec le phosphore qu'avec le calorique; qu'en conséquence le phosphore décompose le gaz oxygène, qu'il s'empare de sa base et qu'alors le calorique devient libre.“ Vgl. daselbst S. 65, 73, 141.

lung von Wasser in Erde datieren, die in den *Mémoires de l'Académie* von 1770 erschien, in Wirklichkeit aber erst 1773 veröffentlicht wurde.¹ Freilich findet sich darin das Prinzip nirgends ausgesprochen. Aber LAVOISIER verwendet es implizite, indem er in erster Linie Gewichtsbeziehungen sucht und die daraus gezogenen Schlüsse als unwiderlegliche Beweisgründe behandelt. LAVOISIER nimmt sich vor, die Behauptung mehrerer Chemiker des XVIII. Jahrhunderts zu prüfen, nach der sich Wasser beim Sieden in Erde verwandelt; als Beweis wurde angeführt, daß, wenn Wasser längere Zeit in einem Glasgefäß kocht, bei der Verdampfung ein erdiger Rückstand übrigbleibt. LAVOISIER erhitzt Wasser hundert Tage lang in einem Apparat, der *Pelikan* genannt wird und bei dem das Destillationsprodukt wieder in das Gefäß zurückläuft. Er hatte sich eine sehr empfindliche Wage verschafft und sorgfältig die Fehlergrenzen dieses Instrumentes festgestellt; er umgibt seinen Versuch mit vielfachen Vorsichtsmaßregeln, die den Ausschluß jedes fremden Stoffes gewährleisten sollen. Er wägt den Apparat leer, und wägt ihn noch einmal, wenn er mit Wasser gefüllt ist; ferner wägt er das Ganze noch einmal nach dem Versuch und stellt fest, daß das Gewicht fast genau dasselbe ist; daraus zieht er den ersten Schluß, nämlich daß in diesem Falle kein Feuerstoff durch das Glas hindurchgegangen ist und sich mit dem Wasser verbunden hat.² Er entleert den Apparat und bestimmt die Gewichtsverminderung. Er sammelt den Rückstand, der sich während des Versuches aus dem Wasser niedergeschlagen hatte und fügt ihm denjenigen hinzu, den er bei der Verdampfung des Wassers erhält: beide zusammen wiegen ungefähr so viel, wie der Gewichtsverlust des Pelikan beträgt. Aber der Unterschied ist diesmal viel größer als die Fehlergrenze seiner Wage. Der Pelikan hat nämlich nur 17,4 Gran verloren, während die beiden Rückstände zusammen 20,4 Gran wiegen. LAVOISIER führt den Unterschied ganz mit Recht darauf zurück, daß das Wasser nicht nur

¹ LAVOISIER, *Premier mémoire sur la nature de l'eau*, Mém. Acad., 1770, S. 73, *Oeuvres*, Bd. II, S. 1.

² Wir haben (S. 171) gesehen, daß dies damals die gewöhnlichste Erklärung war, die die Chemiker für die Gewichtsvermehrung der Metalle bei der Verkalkung gaben. LAVOISIER selbst scheint sie in der fraglichen Abhandlung anzunehmen. „Die Physiker wissen ja, daß der Feuerstoff das Gewicht der Körper vergrößert, mit denen er sich verbindet“ (a. a. O. S. 16). Möglicherweise hat ihm aber das Ergebnis seiner Versuche über das Wasser Zweifel an der Richtigkeit dieser Theorie erweckt; so hängt diese Arbeit mit der Reihe der großen Arbeiten über die Oxydation zusammen.

das Material des Pelikan, sondern auch das der anderen Rezipienten angegriffen hat, mit denen es in Berührung war, und schließt, daß der erdige Niederschlag tatsächlich aus diesen Gefäßen stammt. Bei der geringen Menge des Niederschlages kann er nicht viele Versuche damit anstellen. Immerhin aber macht er einen, der ihn doch etwas in Verlegenheit setzt. Die erhaltene Erde ist nicht schmelzbar wie das Glas bei der betreffenden Temperatur. „Ich gestehe, daß dieser letzte Umstand einen ziemlich starken Einwand gegen das darstellen würde, was ich in dieser Abhandlung berichtet habe, sofern man überhaupt gegen Tatsachen argumentieren könnte“.

GRIMAUD hebt als ein merkwürdiges Zusammentreffen hervor, daß SCHEELE sich mit demselben Problem beschäftigte und auf einem ganz anderen Wege zu dem gleichen Ergebnis gelangte. Er analysierte den Rückstand und fand darin Silicium, Kali und Kalk, also lauter Stoffe, die auch im Glas enthalten sind; er schließt daraus, daß diese Stoffe aus dem Gefäß stammen.¹ Ohne Zweifel war für die Zeitgenossen der Beweis SCHEELES viel überzeugender als der LAVOISIERS; SCHEELE bediente sich der echten chemischen Methoden, während die LAVOISIERS einem fremden Gebiet entlehnt zu sein schienen.

In den 1774 erschienenen *Opuscules physiques et chimiques*² entscheidet LAVOISIER wiederum mittels der Wage zwischen den beiden rivalisierenden Theorien von BLACK und MEYER. Nach der ersten verliert der Kalkstein bei der Umwandlung in gebrannten Kalk einen Bestandteil (den wir heute Kohlensäure nennen); nach der zweiten dagegen sollte etwas hinzukommen, nämlich ein *acidum pingue* genanntes Prinzip, das aus dem Feuer stammt. LAVOISIER zeigt nun, daß die Kalkerde beim Brennen einen Teil ihres Gewichtes verliert, den sie wieder gewinnt, wenn sie sich wieder in gewöhnlichen Kalk verwandelt.³ Dieselbe Arbeit enthält den Anfang der unsterblichen Untersuchungen über die Verbrennung. LAVOISIER, der damals noch nichts von der Existenz des später von PRIESTLEY entdeckten Sauerstoffs wußte, stellt fest, daß Zinn und Blei an Gewicht zunehmen, wenn er sie mittels eines Brennglases in einem geschlossenen Gefäß kalzinert. Das war, wie wir schon sahen, ein alter Versuch.

¹ GRIMAUD, *Lavoisier*, Paris 1899, S. 99.

² LAVOISIER, *Oeuvres*, Bd. I, S. 439.

³ Es ist zu beachten, daß der von BLACK geführte Nachweis des Gewichtsverlustes, der beim Brennen des Kalkes eintritt, das Aufkommen der Theorie von MEYER nicht verhindert hat. Vgl. unten S. 349.

Aber LAVOISIER entdeckt, daß es sich mit Schwefel und Phosphor ebenso verhält, und, was noch wichtiger ist, er beweist, daß das Volumen der Luft eine Verminderung um ungefähr ein Fünftel erfährt, und daß das Gewicht der verschwundenen Luft annähernd mit demjenigen identisch ist, um das der verbrannte Körper zugenommen hat. Da er übrigens das Gefäß vor und nach dem Versuch gewogen und die Gewichte ungefähr gleich gefunden hat (abgesehen von einer sehr kleinen Zunahme, die er mit Recht dem Niederschlag zuschreibt, den das Feuer außen erzeugt hat), so konnte die Hypothese von dem Elementarfeuer, das hinzutreten sollte, nicht mehr aufrechterhalten werden, und die Gewichtszunahme konnte nur von der Luft herrühren.

Die Zeitgenossen hatten durchaus das Gefühl, daß diese quantitativen Überlegungen etwas ganz Neues darstellten. In ihrem Bericht schrieben die Mitglieder der Kommission der Akademie (TRUDAINÉ, MACQUER, LEROY und CADET): „Man wird bemerken, daß Herr LAVOISIER alle Ergebnisse der Messung, der Rechnung, der Untersuchung durch die Wage unterzogen hat, eine strenge Methode, die zum Glück für die Chemie in der Praxis dieser Wissenschaft unentbehrlich zu werden beginnt“.¹

Die neuen Ansichten setzen sich nur langsam durch. Selbst nachdem die Zusammensetzung des Wassers bekannt geworden war und LAVOISIER eine Theorie aufgestellt hatte, die alle Erscheinungen umfaßte, welche wir heute unter dem Namen „Oxydationserscheinungen“ zusammenfassen, selbst dann hörte der Widerstand noch nicht auf. Weder SCHEELE noch PRIESTLEY noch CAVENDISH haben sich zu der neuen Lehre bekehrt. Studiert man die Polemiken, so stellt man fest, daß vom Prinzip der Erhaltung der Materie sozusagen überhaupt nicht die Rede ist. Es ist jedoch sicher, daß dies Prinzip dabei eine Rolle spielte. Die eine Seite brachte quantitative Argumente vor und behauptete damit implizite, daß alle anderen Überlegungen dahinter zurückstehen mußten; die andere Seite rückte die qualitativen Argumente in den Vordergrund, womit sie dem Prinzip die beherrschende Stellung streitig machte und so sein Wesen überhaupt verneinte. Der endliche Sieg der Lavoisierschen Theorie war auch ein solcher des Prinzips der Erhaltung der Materie.

¹ LAVOISIER, a. a. O. S. 663.

Ist nun dieses Prinzip empirischen Ursprungs? Das ist oft behauptet worden, und besonders MILL hat diese These sehr klar ausgesprochen. Seiner Ansicht nach wird uns dieses Prinzip sozusagen seit Anbeginn unserer Beobachtungen durch eine große Zahl mit ihm übereinstimmender Erscheinungen nahe gelegt; andere Erscheinungen dagegen scheinen ihm zu widerstreiten. Man hat nun die Hypothese aufgestellt, daß dieses Prinzip nicht nur teilweise, sondern in allen Fällen wahr sei, und diese Hypothese hat man nachher verifiziert. Da die Verifikation gelungen ist, so war das Prinzip damit ebenso bewiesen wie jedes andere experimentelle Gesetz.¹

LITTRÉ hat sich ähnlich ausgedrückt. „Das Hauptaxiom des Materialismus ist die Ewigkeit der Materie, daß sie nämlich weder einen Ursprung hat noch jemals ein Ende haben wird. Es ist bekannt, daß die Philosophen nicht immer dieser Ansicht waren und daß man ehemals an die Schöpfung und Vernichtung von Substanzen geglaubt hat. Wie sind wir denn auch zu diesem Axiom gekommen, das jetzt einen unwiderstehlichen Einfluß auf unseren Geist ausübt? Durch Erfahrung, *a posteriori*“.²

Die Geschichte des Prinzips, die wir soeben skizziert haben, genügt wohl zum Beweise, daß diese Theorie von der Wirklichkeit sehr weit entfernt ist. Auf welche Versuche stützten sich denn die alten Atomisten, als sie das Prinzip aussprachen? Man würde sehr in Verlegenheit sein, sie zu nennen. Sie begnügten sich mit der Behauptung, daß alle Materie notwendig schwer sei; aber das ist selbst ein Satz, der eines experimentellen Beweises bedarf. Nun war aber dieser Beweis zu jener Zeit unmöglich, und zur Zeit, als *De natura rerum* geschrieben wurde, war durch nichts bewiesen, daß die aristotelische Theorie von der absoluten Leichtigkeit gewisser Körper falsch war. Können die beiden sehr unvollkommenen Versuche JEAN REYS als Beweise gelten? Man braucht seine *Essays* nur zu durchblättern, um sich davon zu überzeugen, daß dem Verfasser nichts ferner gelegen hat als sie als solche auszugeben. Das Prinzip scheint ihm vor jeder Erfahrung festzustehen, und er bedient sich seiner dann, um gewisse spezielle Erscheinungen aufzuklären; nirgends deutet er an, daß das Gelingen dieses Versuches als eine Bestätigung des Prinzips aufgefaßt werden könnte; offen-

¹ J. ST. MILL, *A System of Logic* etc. London 1884, S. 163.

² LITTRÉ, *La science au point de vue philosophique*, 3. Aufl., Paris 1873, S. 322.

sichtlich bedurfte dieses seiner Ansicht nach gar keiner Bestätigung. Von LAVOISIER sahen wir, daß er zuerst das Prinzip anwendet, ohne es überhaupt zu formulieren. In seinen späteren Schriften hat er es selbstverständlich zuweilen ausgesprochen und zwar sehr deutlich wie alles, was von diesem wunderbaren Geiste stammt, der die Klarheit und Präzision selbst zu sein scheint. So bemerkt er nebenbei im *Traité élémentaire de chimie*, „daß kein Stoff bei einem Versuch mehr als sein ganzes Gewicht beitragen kann“ und daß „die Bestimmung des Gewichtes der Stoffe und Produkte vor und nach dem Versuch die Grundlage aller nützlichen und exakten Arbeit in der Chemie bildet“. Manchmal drückt er sich etwas stärker aus, so wenn er erklärt, „daß weder bei den künstlichen noch bei den natürlichen Vorgängen etwas geschaffen wird“ und „daß man es als Prinzip aufstellen kann, daß bei jeder Operation die Quantität der Materie vorher und nachher die gleiche ist“.¹ Aber nirgends deutet er an, daß hier eine Aussage vorliege, die eines Beweises bedürfe. Sollte das nun bedeuten, daß zur damaligen Zeit der Beweis überflüssig geworden war, weil er implizite aus einer Menge bekannter Tatsachen folgte? Das war sicher nicht die Ansicht der Zeitgenossen, auch nicht der berühmtesten, das haben wir an dem Beispiel SCHEELS gelernt. Es bliebe noch die Annahme übrig, daß LAVOISIER das Prinzip als eine Art vorläufiger Hypothese („Arbeitshypothese“) angesehen habe, indem er sich vorbehalten hätte, diese Annahme im Laufe seiner Versuche zu bestätigen oder zu widerlegen; aber man braucht seine Werke bloß flüchtig zu lesen, um sich zu überzeugen, daß dem keineswegs so war, daß er vielmehr gerade wie die Alten und wie JEAN REY das Prinzip mit voller Sicherheit anwendet und nicht einen Augenblick daran zweifelt, daß die Erfahrung es bestätigen müsse und daß jede Abweichung nur scheinbar sei und ihre Erklärung finden müsse. Zuweilen passiert es ihm im Verlaufe einer Versuchsreihe, daß er einen Stoff, dessen Gewicht er bereits auf indirektem Wege bestimmt hatte, noch direkt wägt. Er hält eine solche Verifikation für nützlich, denn „man dürfe in der Physik niemals etwas annehmen, was man durch direkte Versuche bestimmen kann.“ Aber gleichzeitig weist er darauf hin, daß der Schluß, wonach das Gewicht des fraglichen Körpers gleich der Summe der Gewichte seiner Bestandteile sein müsse, ihm „evident“

¹ LAVOISIER, a. a. O., Bd. I, S. 76, 251, 101.

erscheint und daß die Tatsache „leicht *a priori* vorauszusehen war“.¹ Man kann nicht einmal behaupten, daß der endgültige Sieg des Prinzips besonders beweiskräftigen Versuchen zu danken gewesen sei. Nehmen wir eine der späteren Arbeiten LAVOISIERS vor, eine der mit Recht am meisten berühmten, die den Titel trägt *Expériences sur la respiration des animaux etc.*² Er hat während 12 Tagen 4 Unzen Quecksilber in einem Apparat erhitzt, der 50 Kubikzoll gewöhnlicher Luft enthielt. Nach Ablauf dieser Zeit hat er festgestellt, daß ungefähr ein Sechstel der Luft verschwunden war, während sich 45 Gran *Quecksilberkalk* bildeten. Diese wurden sorgfältig gesammelt, darauf tat er sie in eine kleine Glasretorte, deren umgebogener Hals unter eine mit Wasser gefüllte Glocke geführt wurde. Dann ging er an die Reduktion. Dabei stellt er fest, daß er „ungefähr dieselbe Menge Luft wiedererhielt, die während der Kalzination verbraucht worden war, d. h. ungefähr 8—9 Kubikzoll“, und daß er durch Vermischung dieser Luft (die das war, was er später Sauerstoff nannte — er bezeichnet sie als „hervorragend zum Einatmen geeignet“) mit derjenigen, die „durch die Kalzination des Quecksilbers verdorben worden war“, diese letztere „ziemlich genau wieder in den Zustand versetzte, in dem sie sich vor der Kalzination befand, d. h. in den Zustand der gewöhnlichen Luft“. Er schließt mit den Worten: „dies ist die vollständigste Art von Beweisen, die man in der Chemie führen kann, die Zerlegung der Luft und ihre Wiedezusammensetzung.“ Man erkennt indessen schon an seinen Ausdrücken (*ungefähr, ziemlich genau*), daß er in quantitativer Hinsicht nur eine ganz approximative Übereinstimmung erstrebt hat; kein Zweifel, daß, wenn er eine leichte Abweichung vom Prinzip der Erhaltung des Gewichtes festgestellt hätte, er nicht gezögert hätte, Hypothesen aufzustellen wie in seinen früheren Arbeiten die von dem Angriff des Wassers auf die Nebengefäße oder von dem Niederschlag, den das Kohlenfeuer gebildet hatte. Im Grunde dachte er gerade wie JEAN REY, daß, wenn man das Prinzip annimmt, die fraglichen Versuche ihm nicht ausdrücklich widersprechen würden.

Wie ist denn in dieser Hinsicht die heutige Lage? Seit LAVOISIER ist die Wage zum Lieblingsinstrument des Chemikers geworden;

¹ Dasselbst, S. 52—53.

² Dasselbst, Bd. II, S. 175 ff.

und man hat gesagt — das ist z. B. WILHELM OSTWALDS Meinung —, daß in gewissem Sinne jede von einem Chemiker durchgeführte quantitative Analyse eine Verifikation des Prinzips der Erhaltung der Materie darstellt. Indessen darf man nicht zuviel zu beweisen versuchen. Diese Analysen stimmen im allgemeinen nur ganz *grosso modo* überein: es kommt selten vor, daß man in einer Reihe von einigermaßen komplizierten Operationen nicht Abweichungen findet, die viel zu beträchtlich sind, um den Meßinstrumenten zugeschrieben werden zu können, wie das auch OSTWALD zuzugeben gezwungen ist.¹ Das liegt daran, daß die Fehlerquellen zahlreich und schwer zu vermeiden sind. Man kann das feststellen, wenn man die Arbeiten von höchstem wissenschaftlichen Rang nachprüft, die zur Bestimmung des Atomgewichts der Elemente gedient haben. Es ist bekannt, welche wahrhaft wunderbare Summe von Anstrengungen STAS aufgewendet hat, um das Äquivalent des Silbers festzustellen, das die Grundlage für alle weiteren Bestimmungen war. Nun hat man aber inzwischen erkannt, daß die Ergebnisse von STAS mit einer Fehlerquelle behaftet waren, und es wäre sehr kühn, zu behaupten, daß dies die letzte Korrektur sei. Für andere Elemente, darunter selbst die am weitesten verbreiteten und am besten bekannten, sind die Bestimmungen noch ganz unsicher, wie man sich aus den Arbeiten der Kommissionen überzeugen kann, die in letzter Zeit speziell zur Kontrolle dieser Daten und zur Herstellung einer Übereinstimmung zwischen ihnen eingesetzt wurden.² Nun beruhen aber, das darf man nicht vergessen, die quantitativen Analysen letzten Endes auf diesen noch so ungenügend bekannten Konstanten; in den seltensten Fällen isoliert der Chemiker die Bestandteile einer Verbindung, meist führt er sie in andere Verbindungen über und bestimmt ihre Gewichte auf indirektem Wege durch Rechnungen, denen die Atomgewichte zugrunde liegen. Die Genauigkeit seiner Ergebnisse kann also auch im günstigsten Falle diejenige der zu Grunde gelegten Daten nicht überschreiten.

¹ OSTWALD, *Lehrbuch der allgemeinen Chemie*, 2. Aufl., Leipzig 1891—93, S. 2.

² Vgl. bei F. W. CLARKE, *Chemical News*, 86, 1902, die vergleichende Tabelle der Atomgewichte, die von der deutschen und der internationalen Kommission angenommen worden sind. Die Verschiedenheit der von den Chemikern festgestellten Atomgewichte ist neuerdings durch die Theorie der *Isotopen* erklärt worden. Aus deren Existenz folgt aber, daß man die gewöhnlichen Reaktionen des Laboratoriums nicht benutzen kann, um das Prinzip der Erhaltung der Materie zu bestätigen [Zusatz zur 3. Auflage].

Wo man sich bemüht hat, die Erhaltung des Gewichts bei den chemischen Vorgängen direkt und genau zu verifizieren, ist man nicht immer zu Ergebnissen gelangt, die das Prinzip völlig bestätigen. Bekanntlich hat erst ziemlich kürzlich LANDOLT Abweichungen festgestellt.¹ Seine Ergebnisse scheinen zwar von einigen angefochten,² aber im allgemeinen doch von der wissenschaftlichen Welt ohne allzu große Skepsis aufgenommen worden zu sein.³

Aus den Tatsachen, die wir hier kurz zusammengefaßt haben, ergibt sich, wie es scheint, daß noch jetzt die Gewißheit, mit der wir das Prinzip der Erhaltung der Materie ausstatten, eine weit größere ist, als sie durch die Versuche gerechtfertigt wäre, die ihr angeblich zugrunde liegen. So paßt also die Theorie von J. ST. MILL und LITTRÉ weder zu der geschichtlichen Entstehung des Prinzips noch zu seiner Stellung in der heutigen Wissenschaft. MAXWELL sieht sehr richtig, wenn er sagt, daß das Prinzip der Erhaltung der Materie „auf einer tieferen Grundlage beruht als auf den Versuchen, die es in unserem Geist angeregt haben“.⁴

Ist es also vielleicht ein Prinzip *a priori*? Dies scheint heute die unter den Naturforschern und Philosophen am meisten verbreitete Meinung zu sein, bald wird sie deutlich ausgesprochen, bald implizite mitbehauptet. Im Gegensatz übrigens zu dem, was uns beim Trägheitsprinzip begegnet ist, werden wir nach dem Grunde dieser Ansicht nicht lange zu suchen brauchen. Jeder, der versucht hat, die Erhaltung der Materie *a priori* zu beweisen, hat dabei das Kausalprinzip benutzt; das geht so weit, daß, wie wir am Anfang dieses Kapitels gesehen haben, sogar die Ausdrücke für die beiden Prinzipie zuweilen verwechselt werden. Übrigens ist der Unterschied in der Behandlung der Trägheit und der Erhaltung der Materie nicht schwer zu verstehen: die Geschwindigkeit ist ein abgeleiteter und sehr abstrakter Begriff, während die Materie eine Vorstellung des gemeinen Verstandes ist, die aller Erfahrung zugrunde liegt.

¹ Vgl. A. HEYDWEILLER, Wiedemanns Annalen, V, 1901, S. 394 ff. Vor noch kürzerer Zeit hat LANDOLT eine Reihe sehr sorgfältiger Beobachtungen veröffentlicht, die seine früheren Ergebnisse zu bestätigen scheinen (Sitzungsber. d. kgl. preuß. Akademie d. Wissenschaften, 1906, VIII). Man findet darin auch (S. 3 f. des Sonderdruckes) eine Diskussion der Ergebnisse anderer Beobachter.

² Vgl. LO SURDO, Il Nuovo Cimento, Juli 1904, S. 45.

³ Vgl. OSTWALD, Vorlesungen über Naturphilosophie, Leipzig 1902, S. 283.

⁴ MAXWELL, Whewell's Writing and Correspondence, Scientific Papers, Cambridge 1890, Bd. II, S. 153.

KANT hat sich wiederholt mit dieser Frage beschäftigt. Sogar in der *Kritik der reinen Vernunft* wird sie nebenbei berührt. Bei der Erörterung der Kategorie der Substanz führt KANT in ziemlich merkwürdiger Weise die Stelle aus dem *Daemonax* des LUKIAN fast wörtlich an (aber ohne die Quelle zu nennen), wobei er in summarischer Weise das Gewicht mit der Substanz verknüpft.¹ Eingehender hat er sich in den *Metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft* über die Frage verbreitet. Sein „Erstes Gesetz der Mechanik“ spricht er folgendermaßen aus: „Bei allen Veränderungen der körperlichen Natur bleibt die Quantität der Materie im Ganzen dieselbe, unvermehrt und unvermindert“. Im Beweise dieses „Lehrsatzes“ benutzt KANT „aus der allgemeinen Metaphysik den Satz, daß bei allen Veränderungen der Natur keine Substanz weder entstehe noch vergehe“. Er beweist dann, daß für die Materie, d. h. „das Bewegliche im Raume“ die „Menge dieses Beweglichen außerhalb einander die Quantität der Substanz“, sei.² In der Abhandlung „*Vom Übergange von den metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft zur Physik*“ sieht man dann, wie KANT sich den Übergang von diesem Begriff zu dem des Gewichts denkt. Die Verbindung geschieht mittels des Zwischenbegriffes der „Materie, sofern sie bewegende Kräfte hat“³; das ist der Massenbegriff der Physiker (wenigstens von seiner aktiven Seite); KANT knüpft an ihn unmittelbar den des Gewichts und behauptet: „Eine absolut imponderable Materie würde also eine immaterielle Materie, mithin ein Begriff sein, der sich selbst widerspricht“.⁴ Dieser unvermittelte Übergang erklärt sich daraus, daß für KANT die Anziehung im umgekehrten Verhältnis des Quadrats der Entfernung und folglich die Gravitation in ihrer allgemeinsten Bedeutung einen integrierenden Bestandteil des Begriffs der Materie bildet.⁵ Kurz, der Beweis hat, wie man sieht,

¹ KANT, *Kritik der reinen Vernunft*, Werke, Akademieausgabe, Bd. IV, S. 126.

² Ders., *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*, daselbst, S. 541.

³ *Das nachgelassene Werk Immanuel Kants* v. A. KRAUSE, Frankfurt 1883, S. 9.

⁴ Daselbst, S. 6. Vgl. auch S. 159.

⁵ A. a. O. S. 153. „Das Bewegende im Raume ist *a priori* gegeben als Anziehung und Abstoßung, denn sonst würde gar kein Raum erfüllt.“ KANT leitet daraus ab, daß die Wägbarkeit „sowohl zur Metaphysik der Natur als zur Physik und dadurch zum Übergang vom ersten zum zweiten“ gehört.

einen durchaus apriorischen Charakter. Die Gerechtigkeit erfordert allerdings, darauf hinzuweisen, daß KANT hinsichtlich des Übergangs von der Masse zum Gewicht gewisse Bedenken gehabt hat. In den *Anfangsgründen* deduziert er das Anziehungsgesetz nur mit einem gewissen Vorbehalt als „eine vielleicht mögliche Konstruktion“.¹ Aber die Stellen aus seinen späterem Werke, die wir oben angeführt haben, zeigen, daß seine Überzeugung sich später befestigt hat.²

SCHOPENHAUER, den man in dieser Frage häufig angeführt hat,³ ist lediglich KANT gefolgt; er hat gleichfalls die Erhaltung der Materie aus der Beharrlichkeit der Substanz abgeleitet, aber weniger klar als sein Vorgänger; er begnügt sich damit, zu behaupten, daß „Substanz“ nur ein anderes Wort für „Materie“ sei.⁴ Indessen hat er erkannt, daß die Schwere eine *qualitas occulta* ist. Das sind aber nach seiner Ansicht alle Grundkräfte, die die Materie konstituieren und deren Beharrung durch die Kausalität gewährleistet wird.⁵ Auch WHEWELL glaubt die Erhaltung des Gewichts unmittelbar aus dem Kausalitätsprinzip ableiten zu können; aber er verwechselt Masse und Gewicht, und dieser letztere Begriff bildet für ihn einen integrierenden Bestandteil desjenigen der Substanz.⁶

HERBERT SPENCER hat sich sehr nachdrücklich in demselben Sinne ausgesprochen. „Unsere Unfähigkeit, zu denken, daß die Materie nicht-existent wird, ist eine Folge der Natur unseres Denkens selbst. Die Vernichtung der Materie ist aus dem gleichen Grunde

Vgl. a. a. O. S. 15, wo diese Anziehung als eine solche definiert wird, die im umgekehrten Verhältnis des Quadrates der Entfernung stattfindet.

¹ KANT, Akademieausg. Bd. IV, S. 518. Er erklärt indessen das Prinzip der Attraktion für *a priori* gültig (S. 508 f., 516).

² KANT ist im allgemeinen in „*Vom Übergange*“ weniger „Dynamist“ als in den „*Anfangsgründen*“; so führt er in dem späteren Werke z. B. die Kohäsion nicht mehr auf die Wirkung einer Anziehungskraft zurück, sondern auf die des Mediums. Indessen irrt unserer Ansicht nach ROSENBERGER, wenn er annimmt, daß KANT dahin gelangt sei, auch die Wirkung der Gravitation in derselben Weise zu erklären (*Geschichte*, Bd. III, S. 41–42). Es scheint im Gegenteil, als sei seine Überzeugung in dieser Hinsicht eher noch absoluter geworden.

³ Vgl. z. B. OSTWALD, *Vorlesungen über Naturphilosophie*, Leipzig 1902, S. 283.

⁴ SCHOPENHAUER, *Über die vierfache Wurzel usw.*, Werke, Ausg. FRAUENSTADT, Bd. I, S. 43–44.

⁵ Dasselbst, Bd. II, S. 95.

⁶ WHEWELL, *The Philosophy of the Inductive Sciences*, London 1840, S. 30. — Vgl. MAXWELL, *Scientific Papers*, Bd. II, S. 531.

unvorstellbar, aus dem es die Schöpfung von Materie ist, und ihre Unzerstörbarkeit ist eine Erkenntnis *a priori* von höchstem Range, sie ist nicht das Ergebnis einer langen Reihe von Versuchen, die allmählich in einer *irreversibeln Denkweise* organisiert wurden, sondern sie ist in der Form aller Erfahrungen, sie seien welche sie wollen, gegeben.“ Es ist klar, daß SPENCER, als er dies schrieb, nicht an Masse und Gewicht, sondern an Kausalität und Substanz gedacht hat; indessen zeigt der Zusammenhang deutlich, daß er das Prinzip der Erhaltung der Materie, wie die heutige Wissenschaft es versteht, zu begründen glaubte. Er bleibt also noch hinter KANT zurück, der doch die Notwendigkeit eines doppelten Überganges von der Substanz zur Masse und von dieser zum Gewicht zugegeben hatte. Im Gegensatz dazu ist es interessant, festzustellen, daß SPENCER, der zu einer Zeit schrieb, als die Einführung des Prinzips schon viel weiter zurücklag (bei Erscheinen der *Metaphysischen Anfangsgründe* waren die Diskussionen über LAVOISIERS Theorien noch nicht einmal ganz erloschen), klarer die Schwierigkeiten erkannt hat, die diese Annahme vom geschichtlichen Standpunkt aus bot. „Man wird es sicher seltsam finden“, sagt er, „daß eine Wahrheit, die erst seit neuester Zeit und auch jetzt nur von seiten der Naturforscher unbestritten anerkannt wird, unter die Wahrheiten *a priori* gezählt und ihr eine Gewißheit beigelegt wird, die derjenigen der sonst als *a priori* betrachteten Wahrheiten nicht nur gleichkommen, sondern sie sogar übertreffen soll. Es erscheint unsinnig, daß ein Urteil, das denken zu können die Menschheit früher allgemein behauptete und das von der großen Mehrzahl noch heute für denkbar gehalten wird, undenkbar sein soll. Die Erklärung liegt darin, daß in diesem wie in unzähligen anderen Fällen die Menschen eine Überzeugung gehabt zu haben glaubten, die sie in Wirklichkeit gar nicht hatten“.¹

Wir haben oben bei der Besprechung des Trägheitsprinzips die Einwände genannt, die gegen eine solche Annahme erhoben werden können. Freilich ist die Erhaltung der Materie niemals als unsinnig hingestellt worden, wie ARISTOTELES das mit der Beharrung der geradlinigen Bewegung getan hat. Aber ganze Generationen von Naturforschern und Philosophen haben Ansichten vertreten, die in klarer Weise die Verneinung des Prinzips zur Folge hatten. Kann man

¹ SPENCER, *First Principles*, London 1863, S. 241.

etwa sagen, daß ihnen der Gedanke niemals nahe gelegt worden ist? Er ist an sich so einfach und leitet sich so unmittelbar aus dem Kausalprinzip her, daß er sich in fast unwiderstehlicher Weise unserem Geiste aufdrängt. Wir haben übrigens gesehen, daß er mindestens zweimal in der Geschichte der Wissenschaft auftaucht, um alsbald wieder zu verschwinden: *De natura rerum* wurde in der Renaissance viel gelesen; es wäre sonderbar, wenn niemand darin die Vorstellung von der Erhaltung der Materie bemerkt hätte. Ebenso seltsam ist es, daß das Buch JEAN REYS so wenig Eindruck gemacht hat, wenn man annimmt, daß der ihm zugrunde liegende Gedanke wirklich apriorischen Ursprungs ist.

Das Rätsel verschwindet, wenn man den Beweis *a priori* für das Prinzip etwas genauer betrachtet. Er beruht ganz und gar auf der Kausalität. Nun ist aber das, was wir so nennen, nur eine *Tendenz*, die Tendenz, die Identität von gewissen Dingen in der Zeit aufrecht zu erhalten. Wir können höchstens sagen, daß die kausale Tendenz in uns den Wunsch erweckt, diese Dinge möchten sich so verhalten, daß wir sie als wesenhaft ansehen können, ohne ihnen allzusehr Gewalt anzutun. Aber wir haben ja schon gesehen, daß diese Neigung stark genug ist, um nötigenfalls alle Widerstände zu überwinden, die unser Geist ihr in dieser Hinsicht entgegenstellen könnte; das geht so weit, daß ein abgeleiteter und abstrakter Begriff in ein unwandelbares Ding verwandelt wird.

Dem Prinzip der Erhaltung der Materie liegen drei verschiedene Begriffe zugrunde: Materie, Gewicht und Masse. Materie ist eine Vorstellung des gemeinen Verstandes, die zusammengesetzt ist und eine unendliche Anzahl von Eigenschaften zu einer synthetischen Einheit verknüpft. Die Annahme, daß alle diese Eigenschaften erhalten bleiben, widerstreitet offensichtlich bereits der alleroberflächlichsten Erfahrung. Wenn man also die Erhaltung der Materie behauptet, postuliert man nur die Beharrlichkeit von gewissen unter diesen Eigenschaften. Daher kann diese Behauptung die Wissenschaft nicht interessieren, wenn man nicht gleichzeitig genauer angibt, was sich erhalten soll. Aussagen dieser Art, wie z. B. die LOCKES,¹ haben wir in unserer Geschichte des Prinzips mit Stillschweigen übergehen zu sollen gemeint.

¹ Vgl. REID, *On the Human Mind, Works*, herausgeg. von HAMILTON, Edinburgh 1846, S. 136.

Jedoch bewirkt, wie wir sahen, unser Kausaltrieb, daß unter den Phänomenen der Materie diejenigen einer gewissen Klasse für uns eine besondere Vorzugstellung genießen: es sind die Bewegungserscheinungen, die wir als einfach und grundlegend ansehen. Von den Eigenschaften der Materie wird daher die wichtigste die sein, Ursache der Bewegung einer anderen Materie werden zu können. Diese Eigenschaft wird das echte Kennzeichen der Materialität bilden. So preist LUKREZ, um zu beweisen, daß die Luft ein echter Stoff ist, in Versen von unvergänglicher Schönheit die zerstörenden Wirkungen des Sturmes.¹ Diese Wirkung, die die Körper aufeinander ausüben, läßt sich messen; den Koeffizienten, der sich aus diesen Messungen ergibt, nennen wir „Masse“; wir können ihn in einer willkürlichen Einheit ausdrücken. Diese Koeffizienten haben die Eigenschaft, daß man sie addieren kann; die Masse ist, wie man sagt, eine additive Eigenschaft. Es erscheint uns als ganz natürlich, daß die Wirkung einer Masse gleich der Summe der Wirkungen ist, die ihre einzelnen Teile ausüben würden, und die Erfahrung bestätigt diese Ansicht. Die Masse erscheint uns also als Maß für die Quantität der Materie; unter diesem Namen ist sie von DESCARTES zuerst eingeführt worden, und seitdem ist uns diese Bezeichnung geläufig geworden. Wir finden sie bei NEWTON, bei LAPLACE, bei POISSON. Ohne Zweifel kann man, wie GAUTIER hervorgehoben hat,² die Materie auch an anderen Eigenschaften messen, z. B. durch ihre kalorische oder ihre elektrische Kapazität, und die Maße, die sich daraus ergeben würden, wären sehr verschieden. Wenn aber MACH, gestützt auf ähnliche Erwägungen, den Ausdruck „Quantität der Materie“ als gleichbedeutend mit „Masse“ verbieten möchte,³ so liegt das offenbar daran, daß er auf Grund seiner Theorie die Vorzugstellung der mechanischen Vorstellungen verkennt. Wir halten es dagegen für evident, daß die Masse als mechanischer Ausdruck der Materie uns nicht nur als deren Maß, sondern als eine ihrer Grundeigenschaften, ja vielleicht als ihr wahres Substrat erscheint.

Die Neigung, von der wir vorhin sprachen und die uns wünschen läßt, daß die dauerhaften Dinge wesenhaft sein möchten, findet also

¹ LUKREZ, *De natura rerum*, Buch I, Vers 278—298.

² A. GAUTIER, *Les manifestations de la vie*, Revue générale des sciences, Bd. VIII, 1897, S. 291.

³ E. MACH, *Die Prinzipien der Wärmelehre*, Leipzig 1896, S. 425.

hier volle Befriedigung; und zweifellos trägt die Tatsache der Erhaltung der Masse noch dazu bei, uns diesen Begriff als noch wesenhafter erscheinen zu lassen.

Wir müssen indessen beachten, daß unser Geist diesen Begriff der Masse, der uns heute als so wichtig erscheint, nicht von vornherein instinktiv erfaßt hat, sondern daß er ihm im Gegenteil zunächst einigermaßen dunkel vorgekommen ist. Um uns zu überzeugen, daß es sich wirklich so verhält, brauchen wir nur unsere Schulerinnerungen heranzuziehen; in den elementaren Lehrbüchern der Physik wird diesem Stand der Dinge im allgemeinen dadurch Rechnung getragen, daß man sich bemüht, den Unterschied zwischen Masse und Gewicht dem Leser recht eindringlich klar zu machen. Ein aufmerksamer und sachverständiger Beobachter hat festgestellt, daß der Geist seiner Schüler sich gewissermaßen gegen den Begriff der Masse sträubt, so daß dieser Autor glaubt, eine Darstellungsweise empfehlen zu sollen, worin der Begriff der Masse nicht als Grundbegriff behandelt wird.¹ So erklärt es sich auch, daß der Begriff der Masse sich erst sehr spät entwickelt hat und daß die Verwechslung der Masse mit dem Gewicht, die geradezu die Grundlage der Theorien der alten Atomisten bildete, noch im XIX. Jahrhundert auftreten konnte, und zwar nicht nur bei einem Metaphysiker wie SCHOPENHAUER, sondern auch bei einem in naturwissenschaftlichen Dingen so bewanderten Denker wie WHEWELL. Einen interessanten Beweis für die Leichtigkeit, mit der diese beiden Begriffe verwechselt werden, liefert auch die Tatsache, daß die Gesetzgebung in den verschiedenen Ländern meistens das Gewicht definiert hat, wo sie offensichtlich eigentlich die Masse definieren wollte (denn die Schwerekonstante bot ja in dieser Beziehung keinerlei Interesse).²

Es scheint möglich, die tiefere Quelle dieser Schwierigkeit aufzudecken. Die Wirkung, durch die eine Materie eine andere bewegt, erscheint uns zwar einerseits als grundlegend, bleibt uns jedoch andererseits in ihrem Wesen völlig dunkel. In Wirklichkeit können wir, wie wir sahen, weder bei der Fernwirkung noch beim Stoß das Zustandekommen der Wirkung begreifen. In den Büchern über Mechanik

¹ CLEMENTITCH DE ENGELMAYER, *Sur l'origine sensorielle des notions mécaniques*, Revue philosophique, 39, 1895, S. 517.

² Vgl. L. POINCARÉ, *La physique moderne*, Paris, S. 33—34. Lord KELVIN, *Sur le mouvement etc.* Congrès international de physique de 1900, Bd. II, S. 21.

wird die Masse im allgemeinen so definiert, daß dabei auf mehr oder weniger großen Umwegen die Fernwirkung benutzt wird.¹ Sicher ist die Definition durch den Stoß vorzuziehen, wie z. B. ANDRADE² und WULF³ sie angewandt haben. Indessen hat auch diese Definition ihre schwache Seite: wir können nicht genau voraussagen, was nach dem Stoß eintreten wird, weil das von der Elastizität der Körper abhängt. Am besten ist es ohne Zweifel, wenn man die Natur der Wirkung unbestimmt läßt, welche die Massen aufeinander ausüben, und sich wie MACH mit folgender Feststellung begnügt: wenn eine Wirkung stattfindet, wenn sich die Körper gegenseitig Geschwindigkeiten oder Beschleunigungen erteilen, so findet diese Wechselwirkung gemäß bestimmten unveränderlichen Koeffizienten statt, die man „Massen“ nennt⁴: die Unbestimmtheit ist hier keine zufällige noch eine vorläufige, sondern es drückt sich in ihr etwas Tiefliedendes und Wesentliches aus.

Im Gegensatz zu dem, was wir soeben von der Masse festgestellt haben, ist das Gewicht eine Vorstellung, die unmittelbar dem gemeinen Verstande entstammt; aber es ist eine rein empirische Vorstellung. Alle Materie, das versteht sich, muß *wirken*; aber kann man behaupten, daß jede Materie gegen jede andere *gravitieren* müsse? In dieser Hinsicht genügt es, sich an die Verwunderung zu erinnern, mit der die Menschheit aus den Arbeiten NEWTONS entnahm, daß auch zwischen den Himmelskörpern eine Kraft wirke, die der von uns auf Erden als Schwere bezeichneten analog oder sogar mit ihr identisch sein sollte. Noch heutzutage erscheint uns die Gravitation als ein Rätsel, für das wir eine Erklärung suchen. Mangels einer solchen Erklärung ist nun die Gleichung $p = mg$ weit davon entfernt, als notwendig zu erscheinen, sondern sie stellt sich durchaus als ein Paradoxon dar. Die Proportionalität von

¹ Bekanntlich hatte NEWTON die Masse durch die Dichte definiert. Daß diese Definition unhaltbar ist, haben THOMSON und TAIT hervorgehoben. Vgl. H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse*, S. 120. Vgl. auch unten S. 411.

² ANDRADE, *Les idées directrices de la mécanique*, Revue philosophique, Bd. XLVI, 1898, S. 402.

³ WULF, *Zur Machschen Massendefinition*, Wiedemanns Annalen, Spl. 1899.

⁴ Das ist anscheinend auch die Meinung H. POINCARÉS (*La science et l'hypothèse*, S. 127). Die Definition DUREMS (*L'évolution de la mécanique*, S. 227), die den Begriff der Arbeit benutzt, ohne genau anzugeben, wie er auf die Körper anzuwenden ist, gehört unter diesem Gesichtspunkt betrachtet in dieselbe Gedankenrichtung.

Masse und Gewicht bildet, wie FREYCINET sagt,¹ eine Überraschung. Eigentlich müßte das Gewicht von der gegenseitigen Lage der Körper abhängen.² Es überrascht uns, daß zehn Würfel, die, auf einer Wagschale ausgebreitet, einem gegebenen Gewicht das Gleichgewicht halten, dieselbe Wirkung auch dann noch ausüben, wenn wir sie aufeinander türmen, so daß sie sich gegenseitig gegen die Erde abschirmen, und es ist sehr schwer zu verstehen, daß die ganze Masse der Erde für die Anziehung der Sonne vollständig durchlässig sein soll, wie die Theorie der Gezeiten das verlangt. Es sieht so aus, als ignoriere die Gravitation sozusagen den Zwischenraum samt den in ihm angehäuften Hindernissen; es zeigt sich hier wiederum der antispatiale Charakter dieses Begriffes, der uns schon früher beschäftigt hat (S. 80 f.).

Die Verknüpfung des Gewichts mit der Masse erscheint den Physikern als eine rein zufällige.³ Das geht so weit, daß BOUSSINESQ⁴ diese Verknüpfung durch eine sehr eigentümliche Theorie zu erklären versucht hat, die sogar OSTWALD zu ihren Anhängern zählt;⁵ er nimmt nämlich eine Art von Entwicklung unserer Welt an, durch die alle diejenige Materie aus ihr entfernt worden sei, in der diese Verknüpfung nicht vorhanden war.

Als die Physiker den Äther erfanden, mußten sie ihn mit Masse ausstatten; denn er wurde geschaffen, um zu wirken, und die Masse ist das mechanische Wirkungsprinzip; aber der Äther hat kein Gewicht, er ist seiner Definition nach imponderabel. Wir haben übrigens gesehen, daß man auch in der Vergangenheit häufig seine Zuflucht zu solchen imponderablen Fluiden nahm, die dennoch wirken sollten, also Masse besitzen mußten. Bei ihren Spekulationen über die Konstitution der Materie haben die Physiker es oft mit Sorgfalt vermieden, den Äther von der ponderablen Materie durch einen unüberbrückbaren Abgrund zu scheiden; darin drückt sich, wie wir

¹ DE FREYCINET, *Sur les principes de la mécanique rationnelle*, Paris 1902, S. 26.

² Vgl. MAXWELL, *Whewell's Writing and Correspondence, Scientific Papers*, Bd. II, S. 532.

³ Nach der elektrischen Theorie der Materie würde eine Veränderung des Gewichts infolge einer chemischen Reaktion nicht weiter überraschen. Vgl. RUTHERFORD, a. a. O. S. 474. Bemerkenswert ist auch, daß Sir J. THOMSON auf experimentellem Wege bei gewissen radioaktiven Stoffen die Proportionalität von Gewicht und Masse festzustellen für nötig befunden hat.

⁴ C.-E. GUILLAUME, *Revue générale des sciences*, Bd. VIII, 1897, S. 56.

⁵ OSTWALD, *Vorlesungen über Naturphilosophie*, Leipzig 1902, S. 180, 192.

später sehen werden, ein Bestreben aus, das dem menschlichen Geist innewohnt; die Äußerungen dieses Strebens kann man leicht verfolgen von DESCARTES an, dessen verschiedene Elemente den gleichen Ursprung haben, bis zu TAIT und THOMSON, die ihre Atome aus Ätherwirbelringen aufbauen. Man kann also nicht sagen, daß der Gedanke, die ponderable Materie könne sich in etwas Imponderables auflösen, jemals wirklich als unannehmbar gegolten hätte, und unter diesem Gesichtspunkt haben die neuen Theorien, die sich an die Entdeckung der radioaktiven Stoffe knüpfen, den Boden durchaus vorbereitet gefunden.

Daß die alten Atomisten an die Erhaltung des Gewichts der Materie geglaubt haben, hatte seinen Grund zweifellos in der Verwechslung von Masse und Gewicht. Umgekehrt hat die Trennung dieser beiden Begriffe, die von DESCARTES vollzogen wurde, sicherlich dazu beigetragen, die Zeitgenossen JEAN REYS an der Zustimmung zu seiner Lehre zu hindern. Heute sind Masse und Gewicht wieder verbunden; aber diese Verbindung hat nichts Logisches an sich, und alle Versuche, das Prinzip der Erhaltung des Gewichts *a priori* zu deduzieren, wären sicherlich unfruchtbar.¹ Die Illusion des Gegenteils kann nur aus der kausalen Tendenz entspringen. Diese selbe kausale Tendenz hat aber auch bei den alten Atomisten, bei JEAN REY, wahrscheinlich auch bei LAVOISIER und sicher bei dessen Zeitgenossen die Entstehung des Prinzips begünstigt; sie hat es möglich gemacht, daß das Prinzip ohne Beweis als eine an sich evidente Wahrheit ausgesprochen werden konnte, und hat ihm schließlich die Herrschaft gesichert.

Wir wollen, daß die Masse konstant sei wie alle Dinge; aber bei ihr wollen wir das noch mehr, weil die Masse uns als das Wesen der Materie erscheinen kann. Daraus erklärt es sich, daß man in der elektrischen Theorie der Materie, in welcher der Massenbegriff nicht mehr die beherrschende Stellung einnimmt, von der Erhaltung der Masse absehen konnte. Nach LORENTZ sind nämlich die mechanischen

¹ In der allgemeinen Relativitätstheorie EINSTEINS sind Masse und Gewicht aufs neue vereinigt. Eine Prüfung dieser Theorie lehrt aber, wie groß die Anstrengung war, die auf die Herstellung dieser Verbindung abzielte, und wie wenig diese Schlußfolgerungen denen gleichen, durch die man bis heute versucht hat, das Prinzip der Erhaltung des Gewichts *a priori* zu deduzieren [Zusatz zur 3. Auflage].

[Der Verfasser spielt hier auf die Bedeutung der Gleichheit der schweren und der trägen Masse in der allgemeinen Relativitätstheorie an. Ltn.].

Massen nicht konstant, sondern verändern sich gemäß denselben Gesetzen wie die elektrodynamischen Massen, und diese Veränderungen werden merklich bei Körpern, deren Geschwindigkeit mit der des Lichtes vergleichbar ist.¹ Die Tatsache allein, daß eine solche Theorie entstehen und sich durchsetzen konnte, würde, scheint uns, mangels anderer Beweise zur Begründung der Behauptung ausreichen, daß die Erhaltung der Masse nicht als Wahrheit *a priori* angesehen werden kann. Dagegen glauben wir, daß die von uns angestellten Erwägungen zusammengekommen deutlich beweisen, daß es sich genau wie beim Trägheitsprinzip um einen plausiblen Satz handelt.

¹ Vgl. H. POINCARÉ, *L'état actuel et l'avenir de la physique mathématique* Revue des idées, I, 1904, S. 811—812; Derselbe, *La valeur de la science*, S. 196.

FÜNFTES KAPITEL

Die Erhaltung der Energie

In seiner allgemeinsten Formulierung kann man dieses Prinzip folgendermaßen aussprechen: bei jeder Veränderung eines isolierten Systems bleibt der Betrag der Gesamtenergie des Systems unverändert.¹ Abgesehen von der Bedingung der Isolierung, deren Tragweite wir sogleich kennen lernen werden, lautet dieser Satz ganz ähnlich wie das Prinzip von der Erhaltung der Materie. Es besteht allerdings der Unterschied, daß der Begriff der Materie, der ja dem gemeinen Menschenverstande entstammt, weit und unpräzise ist, während der der Energie, den die Wissenschaft *ad hoc* geschaffen hat, mit der ganzen erforderlichen Präzision ausgestattet zu sein scheint. Wir werden indessen in einem späteren Kapitel (Kap. VIII, namentlich S. 293 f.) sehen, daß es sich nicht ganz so verhält.

Gewöhnlich definiert man die Energie als die Fähigkeit, eine Wirkung hervorzubringen oder eine Arbeit zu leisten, um uns der Ausdrücke DUHEM zu bedienen, dem wir die Formulierung des Prinzips entnommen haben. Wir werden vorläufig bei dieser Definition stehen bleiben, obwohl sie eigentlich nur auf eine besondere Form der Energie paßt (vgl. S. 218 u. S. 293 f.), weil sie gewisse Vorteile bietet und unter anderem einen großen historischen Wert hat; denn sie entspricht der Vorstellung von LEIBNIZ, der auf die Entwicklung dieses Teiles der Physik einen entscheidenden Einfluß ausgeübt hat. „Die absolute Kraft“ (bekanntlich hat dieser Ausdruck lange Zeit das bezeichnet, was wir heute Energie nennen), sagt LEIBNIZ in seinem *Essai de dynamique*, „muß nach der gewaltsamen Wirkung geschätzt werden, die sie hervorbringen kann“.² Wenn ein Geschloß sich mit einer gewissen Geschwindigkeit bewegt, so kann es, wenn es auf ein Hindernis stößt, eine bestimmte Wirkung hervorrufen;

¹ DUHEM, *L'évolution de la mécanique*, Paris 1903, S. 227.

² LEIBNIZ, *Mathematische Schriften*, Ausg. GERHARDT, Bd. VI, S. 218.

wir sagen dann, es besitze eine bestimmte Energie. Aber dasselbe Geschoß kann, wenn es von einer bestimmten Höhe über dem Erdboden herabfällt, eine ähnliche Wirkung erzeugen. Wir sind also berechtigt, die beiden so verschiedenen Begriffe der Lage und der Bewegung unter dem Gesichtspunkt der Folgen zusammenzufassen und den Begriff der Energie der Lage zu bilden, so wie wir soeben den Begriff der Bewegungs- oder kinetischen Energie gebildet haben. Die Energie der Lage bezeichnet man gewöhnlich als *potentielle* Energie; wir werden Gelegenheit haben, auf die Bedeutung dieses Ausdrucks zurückzukommen. Die Summe dieser beiden Energien stellt die Gesamtenergie des Systems dar und soll nach dem oben ausgesprochenen Prinzip konstant bleiben.

Das Prinzip von der Erhaltung der Energie ist das jüngste der drei großen von uns erwähnten Prinzipien; endgültig sichergestellt wurde es erst um die Mitte des XIX. Jahrhunderts. Dennoch ist sein Ursprung ein älterer. Ohne Zweifel konnte im Altertum von ihm noch nicht die Rede sein, da ja selbst die Trägheit, wie wir sahen, damals noch unbekannt war. Man kann hier nur über einige mehr oder weniger dunkle Andeutungen berichten, die sich bei ARISTOTELES finden und sich auf die Bewegungen der Arme eines Hebels und auf die Wirkung fallender Körper beziehen.¹ Aber schon bei LIONARDO findet man wichtige Anfänge. Er sieht ein, daß bei allen Maschinen die Arbeit des Widerstandes der der Kraft gleicht und daß man an Zeit verliert, was man an Kraft gewinnt. Soviel Kraft man anwendet, um die Armbrust zu spannen, soviel *akzidentiell*es Gewicht teilt sich dem Pfeil mit.² Diese hingeworfenen Bemerkungen werden von GALILEI weiter entwickelt, der, wenn auch mehr oder weniger mittelbar, durch die ungedruckt gebliebenen Hefte LIONARDOS beeinflusst worden zu sein scheint. Der große Physiker setzt direkt auseinander, daß man mit Hilfe von Maschinen keine Arbeit schaffen kann. Dagegen sagt er nicht, wie H. POINCARÉ mit Recht bemerkt,³ daß Arbeit nicht zerstört werden könne. Man kann also nicht sagen, daß er für die fraglichen Maschinen die Erhaltung der Energie behauptet hätte. Immerhin hat GALILEI für einen besonderen Vorgang,

¹ Vgl. ROSENBERGER, *Geschichte der Physik*, Bd. I, S. 19.

² DUHEM, *Léonard*, I, S. 246, II, S. 233 f. Was LIONARDO hier als *akzidentiell*es Gewicht bezeichnet, ist derselbe Begriff, den er an anderen Stellen bald *forza* und bald *impeto* nennt.

³ H. POINCARÉ, *Thermodynamique*, Paris 1892, S. 2 f.

nämlich für den Fall der schweren Körper, einen Satz formuliert, der direkt zu diesem Prinzip hinleitet.

DESCARTES war der erste, der ausgesprochen hat, daß eine bestimmte Größe sich bei den Veränderungen erhalten muß, die die Bewegung der Körper durchmacht. Das ist das Prinzip der Erhaltung der Bewegung. Bekanntlich hat sich DESCARTES über den Ausdruck für die konstant bleibende Größe vollständig getäuscht; er glaubte, daß diese Größe gleich dem Produkt aus Masse und Geschwindigkeit sei, während wir heute das Quadrat der Geschwindigkeit einsetzen; das bezeichnete LEIBNIZ, übrigens mit Recht, als den „denkwürdigen Irrtum“ DESCARTES¹. Sein Verdienst in dieser Frage bleibt deswegen nicht weniger groß. Seinen Gedankengängen folgend sind HUYGENS und LEIBNIZ zur Formulierung des Prinzips der Erhaltung der lebendigen Kraft gelangt.

Gewöhnlich schreibt man diese Entdeckung nur dem zweiten dieser beiden großen Forscher zu. Es scheint aber, als habe HUYGENS das Prinzip vor ihm ausgesprochen. Nur formulierte er es gewissermaßen wie einen reinen Lehrsatz der Geometrie, ohne seine große Tragweite zu bemerken. Als Grundprinzip der Mechanik hat LEIBNIZ es verkündet. Wenigstens hat JOHANN BERNOULLI die Sache so dargestellt, und er war beinahe ein Zeitgenosse und sehr wohl in der Lage, die Angelegenheit zu beurteilen.²

Bemerkenswert ist, daß sowohl DESCARTES als LEIBNIZ meinten, daß die von ihnen formulierten Prinzipien die Gesamtheit der Erscheinungen der Welt umfaßten. „Gott“, sagt DESCARTES, „ändert niemals seine Art zu handeln und erhält die Welt mit derselben Aktion, womit er sie geschaffen hat... Und weil er sie noch mit derselben Aktion und denselben Gesetzen erhält, die er ihnen bei ihrer Schöpfung auferlegt hat, so muß er jetzt in ihnen allen die Bewegung erhalten, die er einstmals in sie hineingelegt hat, mit der Eigenschaft, die er dieser Bewegung verliehen hat, nicht immer an dieselben Teile der Materie gebunden zu bleiben, sondern je nach ihren verschiedenen Zusammenstößen von dem einen zum anderen

¹ LEIBNIZ, *Opera*, Ausg. ERDMANN, S. 117: *Brevis demonstratio erroris memorabilis Cartesii*...

² J. BERNOULLI, *Discours sur les lois de la communication des mouvements, Oeuvres*, Lausanne 1772, Bd. III, S. 58. — LEIBNIZ erweckt manchmal den Anschein, als wolle er sich für den einzigen Urheber der Entdeckung ausgeben und als habe HUYGENS diese durch ihn kennen gelernt. Vgl. *Lettres à L'Hôpital*, *Mathematische Schriften*, Bd. I, S. 320.

überzugehen“.¹ LEIBNIZ hat sich sehr klar in demselben Sinne ausgedrückt. Wir wollen zu den Stellen, die wir früher bereits (S. 17 f.) anlässlich der Besprechung des Kausalprinzips zitiert haben, noch die folgende hinzufügen: „Ich hatte behauptet, daß die lebendigen Kräfte sich in der Welt erhielten. Man wendet mir ein, daß zwei weiche oder unelastische Körper ihre Kraft beim Zusammenstoß verlieren. Ich erwidere: nein! Allerdings verlieren die Ganzen ihre lebendige Kraft in bezug auf ihre Gesamtbewegung, sie geht aber auf die Teile über, denn diese werden innerlich durch die Kraft des Zusammenstoßes in Bewegung gebracht. So ist also der Verlust nur ein scheinbarer. Die Kräfte werden nicht zerstört, sondern über die kleinen Teile zerstreut. Das bedeutet nicht, daß sie verloren gehen, sondern es ist nur, als wenn jemand große Münzen in kleine umwechselt“.² Die gleichen Gedanken entwickelte JOHANN BERNOULLI. Nachdem er das Gesetz der „Erhaltung der Größe der lebendigen Kräfte“ formuliert hat, fügt er hinzu: „Es hieße, dieses Gesetz verdunkeln, wenn man versuchen wollte, es zu beweisen. In der Tat hält es jedermann für ein unbestreitbares Axiom, daß eine wirkende Ursache weder im ganzen noch teilweise verschwinden kann, ohne eine Wirkung hervorzubringen, die ihrem Verluste gleich ist. Die Vorstellung, die wir von der lebendigen Kraft haben, sofern sie in einem bewegten Körper existiert, ist die von etwas Absolutem, Unabhängigem und so Positivem, daß sie in dem Körper bleiben würde, auch wenn das ganze übrige Weltall vernichtet würde. Es ist also klar, daß, wenn die lebendige Kraft eines Körpers sich beim Zusammenstoß mit einem anderen vermindert oder vermehrt, die lebendige Kraft dieses anderen Körpers dafür um denselben Betrag zu- bzw. abnehmen muß; ist doch die Vermehrung der einen die unmittelbare Wirkung von der Abnahme der anderen. Daraus folgt mit Notwendigkeit die Erhaltung des Gesamtbetrages der lebendigen Kräfte. Daher kann sich diese Größe auch durch den Stoß der Körper absolut nicht ändern“.³ Genau wie LEIBNIZ behauptete übrigens auch JOHANN BERNOULLI, daß der Verlust an lebendiger Kraft, der beim Zusammenstoß unvollkommen elastischer Körper stattfindet, nur ein scheinbarer sein könne.⁴

¹ DESCARTES, *Principes*, II. Teil, Kap. 42.

² LEIBNIZ, *Opera*, Ausg. ERDMANN, S. 775.

³ J. BERNOULLI, a. a. O. S. 56. Der *Discours* wurde in Paris 1727 gedruckt.

⁴ Ders., *De vera ratione virium vivarum* etc., § 9, daselbst S. 243.

Diese Erklärungen wurden in ihrer Allgemeinheit sehr wohl verstanden; dies folgt aus dem Urteil, das im XVIII. Jahrhundert Männer darüber fällten, die keine Physiker von Fach waren, wie z. B. ALBRECHT VON HALLER¹ oder VOLTAIRE.²

Auf den ersten Anblick erscheint es paradox, daß diese Formulierungen, in denen nur rein mechanische Ausdrücke vorkommen und in denen außerdem der Begriff der potentiellen Energie fehlt, scheinbar ebenso allgemein sein können, wie unser Satz von der Erhaltung der Energie. Aber für DESCARTES gab es in der Welt keine anderen als mechanische Erscheinungen, und LEIBNIZ ist bekanntlich in dieser Hinsicht reiner Cartesianer. Im übrigen ist für DESCARTES wie für LEIBNIZ alles Masse und Bewegung; es gibt keine Fernwirkung und folglich auch keine potentielle Energie; infolgedessen genügte die Erhaltung der Bewegungsenergie allein. Und obgleich LEIBNIZ natürlich angenommen hat, daß die Wärme Bewegung sei, so hat er dennoch, wenn er von der Zerstreuung der Kraft spricht, sicherlich nicht an eine Verwandlung von mechanischer Energie in Wärme gedacht, sondern an rein mechanische, wenn auch un wahrnehmbare Bewegungen der Teilchen.

Im Laufe des XVIII. Jahrhunderts gewann die Auffassung der Wärme als eines Stoffes allmählich die Oberhand über die Auffassung der Wärme als Bewegung. Das ergab sich aus den Prinzipien der Newtonschen Physik: die Vorstellung der Wärme als Bewegung war darin, wie DUHEM bemerkt,³ ein Überbleibsel der kartesischen Physik. Besonders seit den Arbeiten von DELUC, BLACK und WILKE⁴ schien der Sieg der ersten dieser beiden Theorien ein vollkommener zu sein. Seitdem wird die Wärme wie eine echte Substanz behandelt, die von einem Körper auf einen anderen übergeht, ohne daß ihre Quantität (die man zu messen gelernt hatte) eine Veränderung erfährt, und die auch dann um nichts weniger zu bestehen fortfährt (wenn auch in einem besonderen Zustande), wenn sie sich

¹ ALBRECHT VON HALLER, *Elementa Physiologiae corporis humani*, Lausanne 1762, Bd. IV, S. 557: *Cartesius et Leibnitiuss et plerique mathematici negant aut oriri in rerum natura motum novum, aut disperire: per circulum autem corpora impelli et se impellere, ut tantum de motu in aliqua parte universi dematur, quantum in alia videtur accedere.*

² VOLTAIRE, *Oeuvres*, herausgeg. v. BEUCHOT, Paris 1830, Bd. XXXVIII, S. 500.

³ DUHEM, *Le Mixte*, Paris 1902, S. 61.

⁴ Vgl. ROSENBERGER, *Geschichte der Physik*, Bd. II, S. 345—348.

unserer Empfindung nicht kundgibt und selbst das Thermometer sie nicht verrät. Diesen besonderen Zustand hatte BLACK „latent“ genannt, und dieser Begriff der *latenten Wärme*, d. h. einer Wärme, die sich nicht kundgibt, aber fähig ist, sich unter gewissen Bedingungen kundzugeben, gehört offenbar zu derselben Familie wie der der *potentiellen Energie*, von dem die moderne Physik Gebrauch macht. In der Tat macht sich auch die Energie, die Bewegung gewesen ist, und die imstande ist, wieder dazu zu werden, nicht als Bewegung bemerkbar, solange sie *potentiell* bleibt; genau wie bei der latenten Wärme müssen wir auch bei ihr einen besonderen Zustand annehmen. Wie wir später sehen werden, bezeichnet übrigens LAZARE CARNOT als *latente lebendige Kraft*, was wir heute potentielle Energie nennen.¹

Die Erfindung und rasche Verbreitung der Wärmekraftmaschinen änderten nichts an dieser Situation: weder WATT noch seine Nachfolger betrachteten diese Erscheinungen unter dem Gesichtspunkt der Verwandlung von Wärme in mechanische Arbeit.

Indessen fuhren LEIBNIZ' Gedanken fort, Früchte zu tragen; in einer Art von Unterströmung, die zwar langsam aber mächtig war, wurden nach und nach die Vorstellungen herausgearbeitet, deren Gesamtheit unser Prinzip von der Erhaltung der Energie ausmacht.

Gegen Ende des XVIII. Jahrhunderts ergänzten LAVOISIER und LAPLACE² den Gedanken von LEIBNIZ, indem sie die Wärmeerzeugung durch Reibung mit der Auffassung der Wärme als Bewegung in Verbindung brachten; sie definierten die Wärme als eine Summe von Ausdrücken, deren jeder das Produkt aus der Masse eines Moleküls in das Quadrat seiner Geschwindigkeit darstellt; d. h. sie definierten die Wärme als die „Kraft der unsichtbaren Bewegungen der Moleküle eines Körpers“.

¹ „Potentielle Energie ist also ein dem aprioristisch feststehenden ersten Hauptsatz zuliebe ersonnener Ausfüllbegriff“. DRIESCH, *Naturbegriffe und Natururteile*, Leipzig 1904, S. 58. — Als übrigens um 1857 dieser Ausdruck von RANKINE in die Wissenschaft eingeführt wurde, hat bekanntlich FARADAY dagegen protestiert und verlangt, daß man ihn durch ein physikalisches Substrat, d. h. durch eine Modifikation des Mediums ersetze. Vgl. PLANCK, *Das Prinzip der Erhaltung der Energie*, 2. Aufl., Leipzig 1908, S. 98.

² LAVOISIER und LAPLACE, *Mémoires sur la chaleur*; LAVOISIER, *Oeuvres*, Paris 1862, Bd. II, S. 285—286. Indessen sprechen die Verfasser diese Annahmen mit einer gewissen Zurückhaltung aus und stellen sie als höchstens gleichwertig mit der Wärmestofftheorie dar. Übrigens neigte LAVOISIER bekanntlich mehr zu dieser letzteren Hypothese (vgl. oben S. 174).

Zu Beginn des XIX. Jahrhunderts beweisen RUMFORD und etwas später HUMPHRY DAVY die Umwandlung von Bewegung in Wärme mittels direkter Versuche, die große Beachtung finden.¹ In einem populären Werke erklärt FRESNEL glattweg, daß „die Menge an lebendiger Kraft, die als Licht verschwindet, als Wärme wieder erzeugt wird“.²

Auf der anderen Seite bildet LAZARE CARNOT den Begriff der *latenten lebendigen Kraft*,³ den PONCELET präzisiert, indem er ihm den Namen *verfügbare Arbeit*⁴ gibt. Dieser Begriff ist identisch mit unserer heutigen *potentiellen Energie*.

Von da an ist die Entdeckung des Prinzips vollständig vorbereitet. Ein Ingenieur namens SÉGUIN spricht 1839 in einem Werke über die Konstruktion der Eisenbahnen sozusagen nebenbei Gedanken aus, die dem Prinzip sehr nahe kommen.⁵

Vor SÉGUIN hatte SADI CARNOTS großer Geist das Prinzip in seiner vollen Ausdehnung klar erfaßt und eine Zahl für das mechanische Wärmeäquivalent berechnet. Aber infolge des vorzeitigen Todes dieses großen Theoretikers sind diese Entdeckungen unter

¹ RUMFORD, *An inquiry concerning the source of the heat which is excited by friction*. Transactions of the Roy. Soc. London, 1798 (25. Jan.). — H. DAVY, *An Essay on heat etc.* (1799). Works, Bd. II, London 1836, S. 11. — Nach H. POINCARÉ (*Thermodynamique*, S. 28) war der Versuch von RUMFORD nicht absolut beweiskräftig. Bei BIOT, *Précis élémentaire de physique expérimentale*, 2. Aufl., Paris 1820—21, Bd. II, S. 683, kann man im übrigen nachlesen, wie die zeitgenössische Wissenschaft sich mit diesem Versuch abfand.

² Wir zitieren nach BOHN, *Notice sur la théorie mécanique de la chaleur* Annales de Chimie et de Physique, 4. Reihe, Bd. IV, 1865, S. 280. Es ist uns nicht gelungen, die Abhandlung FRESNELS, *Sur la chaleur*, aufzufinden, da sie in die Gesamtausgabe seiner Werke (Paris 1866—1870) nicht aufgenommen worden ist.

³ LAZARE CARNOT, *Principes fondamentaux de l'équilibre et du mouvement*. Paris im Jahre XI, 1803, S. 37.

⁴ PONCELET, *Introduction à la mécanique industrielle physique ou expérimentale*, 2. Aufl, Metz 1841, § 138: „L'eau renfermée dans le réservoir d'un moulin représente un certain travail disponible, qui se change en force vive quand on ouvre la vanne de retenue; à son tour, la force vive acquise par cette eau, en vertu de sa chute du réservoir, se change en une certaine quantité de travail, quand elle agit contre la roue du moulin, et celle-ci transmet ce travail aux meules etc., qui confectionnent l'ouvrage.“

⁵ SÉGUIN aîné, *De l'influence des chemins de fer et de l'art de les tracer et de les construire*, Paris 1839, S. 382. „Comme la théorie actuellement adoptée conduirait cependant à ce résultat (sc. au mouvement perpétuel), il me paraît plus naturel de supposer qu'une certaine quantité de calories disparaît dans l'acte même de la production de la force ou puissance mécanique, et réciproquement; et que les deux phénomènes sont liés entre eux par des conditions qui leur assignent des relations invariables.“

seinen handschriftlichen Notizen begraben geblieben, die erst 1871 veröffentlicht worden sind.¹

Trotz alledem blieb die Theorie vom Wärmestoff herrschend. SADI CARNOT hatte in seinem berühmten kleinen Werk, das 1824 erschien, seine Untersuchungen auf diese Auffassung gegründet. „Die Erzeugung der bewegenden Kraft beruht“, sagt er, „in den Dampfmaschinen nicht auf einem wirklichen Verbrauch des Wärmestoffes, sondern auf seiner Übertragung von einem warmen auf einen kalten Körper“.²

Die Arbeit ROBERT MAYERS erschien 1842³ und ist zeitlich die erste Veröffentlichung über das Prinzip der Erhaltung der Energie in seinem heutigen Sinne. Die Arbeiten COLDINGS sind ungefähr gleichzeitig mit denen MAYERS entstanden aber etwas später veröffentlicht worden.⁴ Die Aufmerksamkeit der wissenschaftlichen Welt erregten jedoch erst die experimentellen Untersuchungen JOULES, deren erste Veröffentlichung aus dem Jahre 1843 datiert.⁵ Die Arbeit von HELMHOLTZ, die 1847 erschien,⁶ gab eine vollständige mechanische Deutung des Prinzips und trug dazu bei, seinen Sieg zu sichern.

Ist das Energieprinzip ein empirisches Gesetz? Die Physiker haben es zuweilen bequem gefunden, es als solches zu behandeln; aber H. POINCARÉ, der auch so verfährt, fühlt sich doch verpflichtet, dem Leser mitzuteilen, daß diese Auffassung der geschichtlichen Wahrheit nicht entspricht.⁷ Man müßte nämlich, um diese Ansicht zu vertreten, die von uns dargestellte Entwicklung gänzlich ignorieren und von den Arbeiten JOULES ausgehen, die man nicht als eine Verifikation des Prinzips ansehen dürfte (was sie in Wirklichkeit waren), sondern als experimentellen Beweis. Aber die Ergeb-

¹ Vgl. POINCARÉ, a. a. O. S. 51. Diese Notizen sind in der 2. Auflage der *Réflexions* abgedruckt, Paris 1878.

² SADI CARNOT, *Réflexions sur la puissance motrice du feu*. Neudruck. Paris 1903, S. 10. Auf den letzten Seiten dieser Arbeit drückt CARNOT Zweifel an der Berechtigung dieser Auffassung aus (vgl. unten S. 211). Diese Vorbehalte sind unbeachtet geblieben.

³ J.-R. MAYER, *Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur*, Liebigs Annalen, Bd. 42, 1842.

⁴ Vgl. unten S. 207, Anm. 1.

⁵ J.-P. JOULE, *On the Calorific Effect of Magneto-Electricity and on the Mechanical Value of Heat*, Philosophical Magazine, Bd. XXIII, London 1843.

⁶ HELMHOLTZ, *Über die Erhaltung der Kraft*, 1847, wieder abgedruckt in *Wissenschaftliche Abhandlungen*, Bd. I, S. 12 ff.

⁷ H. POINCARÉ, a. a. O. S. 65.

nisse JOULE¹ eignen sich für eine solche Interpretation noch weniger als diejenigen LAVOISIERS bezüglich der Erhaltung der Materie. Die Zahlenangaben des englischen Physikers schwanken zwischen außerordentlich weiten Grenzen; der Mittelwert, den er erhält, beträgt 858 Fußpfund (für die Wärmemenge, die ausreicht, um die Temperatur eines Pfundes Wasser um 1° Fahrenheit zu erhöhen, was ungefähr 460 Meterkilogramm für 1° C entspricht); aber die verschiedenen Versuche, aus denen dieses Mittel berechnet ist, ergeben Resultate, die zwischen 742 und 1040 Fußpfund (407 und 561 mkg) schwanken, d. h. um mehr als ein Drittel des kleinsten Wertes; ja er notiert sogar einen Versuch, der 587 Fußpfund (322 mkg) ergibt, ohne eine besonders ergiebige Fehlerquelle hervorzuheben. Erst in einem Nachtrag zu dieser Arbeit berichtet JOULE über eine Versuchsreihe, die 770 Fußpfund (423 mkg) ergibt, was unseren heutigen Schätzungen einigermaßen nahe kommt. Berücksichtigt man nun, daß um dieselbe Zeit sowohl SADI CARNOT² als ROBERT MAYER³ das Wärmeäquivalent berechnet hatten und dabei die Werte 370 bzw. 365 mkg gefunden hatten (die um mehr als ein Achtel unterhalb des Jouleschen liegen), so wird es einem wahrhaftig schwer, anzunehmen, daß ein gewissenhafter Physiker allein auf Grund dieser experimentellen Ergebnisse zu dem Schluß gelangt sei, daß das Wärmeäquivalent eine unter allen Umständen unveränderliche Konstante darstellt.

Seit MAYER und JOULE sind über diese wichtige Frage sehr sorgfältige Arbeiten in großer Zahl ausgeführt worden. Wie LIPPMANN feststellt,⁴ waren ihre Ergebnisse nicht immer in voller Übereinstimmung. Freilich gelingt es den Physikern, einen Mittelwert zu berechnen, von dem die einzelnen Ergebnisse um Beträge abweichen, die klein genug sind, um sie auf Versuchsfehler zurückführen zu können. Immerhin bleibt aber bestehen, daß diese Bearbeitung

¹ JOULE, a. a. O. S. 437—439.

² Vgl. H. POINCARÉ, a. a. O. S. 51.

³ J. R. MAYER, a. a. O. S. 240.

⁴ LIPPMANN, *Cours de thermodynamique*, Paris 1889, S. 11 ff. In dem Bericht, den AMES dem Physikkongreß 1900 unter dem Titel *L'équivalent mécanique de la chaleur* vorgelegt hat (Bd. I), findet man eine eingehende Erörterung der bemerkenswertesten Arbeiten über diesen Gegenstand. Unter 21 neuerdings darüber veröffentlichten Arbeiten schaltet AMES 15 aus, weil sie mit zu groben Fehlern behaftet sind, und berechnet seine Mittelwerte aus den Ergebnissen der 6 übrigen. Die von ihm bestimmten oberen und unteren Grenzen weichen noch um mehr als $\frac{1}{4}$ v. H. voneinander ab.

nötig ist, was besagt, daß die unmittelbaren Ergebnisse der Untersuchungen nicht direkt zur Konstatierung der Unveränderlichkeit des Äquivalents führen.

Es ist zu beachten, daß alle hier angeführten Daten aus Arbeiten stammen, die ausdrücklich zur Bestimmung des fraglichen Verhältnisses unternommen und unter gewissen ganz speziellen Bedingungen durchgeführt worden sind, die man für das Gelingen der Versuche für besonders günstig hielt, wie z. B. bestimmten mittleren Temperaturen usw. Man kann sich hier nicht, wie wir das bei der Erhaltung der Materie getan haben, auf alltägliche Erfahrungen berufen. HIRN hat versucht, das Äquivalent aus einer großen Zahl von Beobachtungen an Dampfmaschinen zu berechnen: er ist dabei zu Werten gekommen, die zwischen 300 und 400 schwanken,¹ und diese Ergebnisse sind angesichts der Schwierigkeiten der Aufgabe allgemein als bemerkenswert angesehen worden.

[Diese Schwierigkeiten rühren von einer sehr wichtigen Tatsache her: weit mehr als die Materie hat die Energie die Neigung, sich zu zerstreuen, und es ist sehr schwer, sie daran zu hindern. Seitdem man gelernt hat, die Gase einzufangen, ist die Materie immer und überall leicht faßbar. Anders die Wärme: wir kennen keinen Stoff, der ganz undurchlässig für sie wäre, und selbst der leere Raum bildet einen nur unvollkommenen Isolator. Daher kommt es, daß man genötigt ist, in der Aussage des Energiegesetzes die Isolierung des Systems ausdrücklich zu erwähnen. Bei der Erhaltung der Materie macht man stillschweigend denselben Vorbehalt; man spricht ihn meistens nicht aus, weil er leicht zu realisieren ist.² Indessen wissen wir seit den Arbeiten von BUNSEN und BERTHELOT, daß die festen Körper für Gase nicht völlig undurchlässig sind,³ und WARBURG und CH.-ED. GUILLAUME⁴ haben uns darüber belehrt, daß unter gewissen Bedingungen Natrium und Lithium durch Glas hindurchgehen können. Diese Durchlässigkeit brauchen wir uns nur beträchtlich gesteigert zu denken, um einzusehen, daß wir dann

¹ LIPPMAUN, a. a. O. S. 35.

² J. PERRIN, *Traité de chimie physique*, Paris 1903, S. 16, formuliert trotzdem diese Bedingung ausdrücklich.

³ R.-W. BUNSEN, *Über die Verdichtung der Kohlensäure an blanken Glasflächen*, Poggendorfs Annalen, Bd. XX, 1883, S. 558. M. BERTHELOT, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, Bd. CXL, 1905, S. 817, 1253.

⁴ Vgl. W. SPRING, *Propriétés des solides etc.*, Congrès de Physique de 1900, Bd. I, S. 421, und DASTRE, *La vie et la mort*, S. 264.

auch hier zu analogen Vorbehalten genötigt wären wie beim Energieprinzip.¹

¹ Wie müßte denn eigentlich ein wirklich experimenteller Beweis für das Energieprinzip aussehen? Dazu müßte in einer beträchtlichen Reihe von Versuchen gezeigt werden, daß die verschiedenen Energieformen sich unter den mannigfaltigsten Bedingungen ineinander nach Verhältniszahlen verwandeln, die innerhalb der Fehlergrenzen der Meßinstrumente konstant sind. An einen solchen Beweis hat anscheinend HELMHOLTZ gedacht, als er nach seiner doppelten Ableitung des Prinzips, von der weiter unten die Rede sein wird, seine Abhandlung mit den Worten schloß: „... dessen vollständige Bestätigung wohl als eine der Hauptaufgaben der nächsten Zukunft der Physik betrachtet werden muß“.²

Nun kann aber diese Aufgabe, wenn man sie so versteht, selbst heute noch nicht erfüllt werden. Es ist nicht einmal sehr sicher, daß wir die bei einem beliebigen Vorgange auftretende Energie ganz konstant finden würden, selbst wenn wir alle uns bekannten Energieformen sehr genau messen könnten. Der Grund liegt einfach darin, daß wir keineswegs sicher sind, alle Formen der Energie zu kennen. Um das Gegenteil behaupten zu können, müßte man eine Beziehung zwischen den bekannten Formen aufweisen können, aus der folgen würde, daß sie die einzigen möglichen sind. Nun kennen wir aber keine derartigen Beziehungen; oder vielmehr die, welche wir kennen, scheinen darauf hinzudeuten, daß in unserem Wissen noch große Lücken vorhanden sein müssen. Nehmen wir ein Bündel Sonnenstrahlen, d. h. Strahlen von allen Energiearten, die von der Sonne her durch den Raum oder durch das halbmaterielle Medium, dessen Existenz wir annehmen müssen, zu uns gelangen. Wir lassen die Strahlen durch ein Prisma fallen; sie werden zerstreut und bilden ein leuchtendes Spektrum. Wir wissen aber, daß dieses Bündel auch Schwingungen enthält, deren Frequenz größer, und auch solche, deren Frequenz kleiner ist als die der sichtbaren Strahlen. Diesseits des roten Lichtes gibt es Wärmestrahlen und jenseits des violetten

¹ Wir wollen jedoch zur Vermeidung von Mißverständnissen bemerken, daß dadurch die beiden Prinzipie nicht etwa vollkommen analog würden, denn die Energie kann nicht als eine Eigenschaft eines Körpers aufgefaßt werden (vgl. unten S. 216). Unsere Bemerkung bezieht sich lediglich auf die notwendige Bedingung der Isolierung.

² HELMHOLTZ, *Wissenschaftliche Abhandlungen*, Leipzig 1882, I, S. 67.

ultraviolette Strahlen, die sich durch ihre chemische Wirksamkeit, durch die phosphoreszierenden Stoffe usw. verraten. Können wir behaupten, daß es außer diesen Schwingungen keine anderen in den Sonnenstrahlen gibt? Das ist nicht einmal wahrscheinlich. Untersucht man, wie sich die erforschten Teile des Spektrums über dieses verteilen, wie das z. B. CH.-E. GIULLAUME¹ getan hat, so kann man sich davon überzeugen, daß diese Verteilung eine ganz zufällige ist. Zu einer ähnlichen Feststellung kommt man bei Untersuchung der Beziehungen zwischen der Elektrizität und den Strahlen des Spektrums. Zwischen den schnellsten elektrischen Schwingungen und den längsten Wellen des Spektrums befindet sich ein Intervall, das ebenso groß ist wie das zwischen den am weitesten voneinander entfernten ultravioletten und ultraroten Strahlen.²

Aber selbst angenommen, diese Intervalle seien völlig ausgefüllt, wer würde die Behauptung wagen, daß es außerhalb dieser Grenzen keine Erscheinungsformen der Energie gebe? Wir wissen gar nichts von der eigentlichen Natur der fundamentalen Erscheinung, die wir gegenwärtig für elektrisch halten und einer Wellenbewegung gleichsetzen. Man kann also *a priori* gar nicht sagen, ob der Äther nicht in einem anderen Zustande ist, Energie in ganz anderer Form zu entwickeln.

In Wirklichkeit beruht unsere Kenntnis der Energieformen auf rein zufälligen Ursachen, nämlich einerseits darauf, daß wir für die Wahrnehmung von einigen dieser Formen besondere Sinnesorgane besitzen, andererseits darauf, daß wir bei anderen mehr oder weniger zufällig auf Erscheinungen gestoßen sind, die sie wahrnehmbar machen, wie z. B. die Wirkung der ultravioletten Strahlen auf gewisse chemische Stoffe. Daher hat man, wie LE BON hervorhebt, fünfundzwanzig Jahre lang mit den Crookes'schen Röhren gearbeitet, ohne die Röntgenstrahlen zu bemerken. Ohne die photographischen Platten und die Phosphoreszenz würden wir heute noch nichts von ihnen wissen.³ Man muß sich hierbei ins Gedächtnis rufen, wie jung noch unsere Kenntnis von der Elektrizität ist. Sicher erscheint sie uns heute als eine der Hauptformen der Energie, ja sogar als

¹ CH.-E. GUILLAUME, *L'échelle du spectre*, Revue générale des sciences, X, 1899, S. 7 ff.

² Diese Lücke ist inzwischen einigermaßen ausgefüllt worden, unsere weiteren Schlußfolgerungen behalten nichtsdestoweniger ihre Gültigkeit [Zusatz zur 3. Auflage].

³ G. LE BON, *L'évolution de la matière*, Paris 1905, S. 120.

die Hauptform. Nun datiert aber ihre Entdeckung von den Arbeiten GILBERTS her, ist also kaum drei Jahrhunderte alt. Der einzige elektrische Versuch, den das Altertum und das Mittelalter gekannt haben, — der geriebene Bernstein —, erschien damals als eine reine Spielerei; die großartige Erscheinung des Blitzes damit in Zusammenhang zu bringen, wäre als das seltsamste aller Paradoxe erschienen. Wäre es nicht eine kühne Behauptung, zu sagen, daß uns die Zukunft keinerlei derartige Überraschungen mehr vorbehält? Die letzten Entdeckungen auf diesem Gebiete, die Hertzschen Wellen, die Röntgenstrahlen und — was am meisten Aufsehen erregt hat — die radioaktiven Körper stammen erst von gestern. Man darf sich also mit Recht fragen, ob nicht bei zahlreichen Umwandlungen Energieformen entstehen, von denen wir bis heute noch keine Ahnung haben.* Sicher ist folgendes: selbst wenn wir die Konstanz der Energie E annehmen, so können wir doch auf Grund der bisherigen Versuchsergebnisse, die, wie wir sahen, innerhalb verhältnismäßig weiter Grenzen schwanken, nicht die Behauptung aufstellen, daß die Umwandlungen, die wir sehr gut zu kennen glauben, nicht in der Zukunft zu derartigen Entdeckungen Anlaß geben könnten.

So können wir also gerade wie beim Prinzip von der Erhaltung der Materie, nur in viel höherem Grade, feststellen, daß die Gewißheit, die das Energieprinzip für uns zu haben scheint, bei weitem den Grad überschreitet, der durch die experimentellen Daten begründet zu sein scheint. Diese „Vorzugstellung“ des Prinzips ist mit Recht H. POINCARÉ aufgefallen.¹ LIPPMANN, ein anderer Meister der zeitgenössischen Physik, läßt sich nach einer Zusammenfassung der Untersuchungen über das mechanische Wärmeäquivalent folgendermaßen aus:² „Die Abweichungen zwischen den verschiedenen Werten, die man für E erhalten hat, sind immer klein genug,

* Man denke in diesem Zusammenhang an die Entdeckung durchdringender Strahlung und die daran knüpfenden Spekulationen. Vgl. A. S. EDDINGTON, *Der innere Aufbau der Sterne*, Berlin 1918 und J. H. JEANS, *Astronomy and cosmogony*, Cambridge 1928. Ltn.

¹ H. POINCARÉ, a. a. O. S. VII. In dieselbe Gruppe kann man die folgende Erklärung HELMS einreihen (*Die Lehre von der Energie, historisch-kritisch entwickelt*, Leipzig 1887, S. 2): „Mancher hat daher wohl das Gefühl, als sei die Unterlage eine unsichere, auf der das moderne Energiegesetz ruht, und als habe seine Entwicklung leichtfertige Schritte gemacht.“ Dies Eingeständnis ist um so bedeutsamer, als es von einem Manne stammt, der die Tragweite des Prinzips eher überspannt.

² LIPPMANN, a. a. O. S. 13.

um sie auf Rechnung von Versuchsfehlern zu setzen... Eine wichtige Folgerung läßt sich nichtsdestoweniger aus der Gesamtheit der Bestimmungen ziehen, die man für E gemacht hat, nämlich seine Unveränderlichkeit: über den wahren Wert dieser Größe kann eine gewisse Unsicherheit in unserem Geiste zurückbleiben, aber über die absolute Gültigkeit des Äquivalenzprinzips selbst ist kein Zweifel möglich.“ Es leuchtet ein, daß, wenn die Versuche den wahren Wert der Zahl nicht genau sicherstellen können, sie noch weniger beweisen können, daß diese Zahl wirklich unveränderlich ist. Folglich muß die Überzeugung von der absoluten Gültigkeit des Prinzips aus einer anderen Quelle fließen: wir haben gesehen, daß die Geschichte des Prinzips diesen Beweis unterstützt.

Ebenso wie bei der Erhaltung der Materie haben die Philosophen auch beim Energieprinzip, kaum daß es entdeckt war, seine Apriorität verkündet. HERBERT SPENCER faßt es in der etwas unklaren Form der „Erhaltung der Kraft“ (*persistence of force*) mit der „Stetigkeit der Bewegung“ zusammen und spricht ihm ebenso wie dem Trägheitsprinzip und dem Prinzip von der Erhaltung der Materie axiomatischen Charakter zu.¹ Auch STALLO stellt fest, daß das Prinzip der Erhaltung der Energie, „obgleich es erst vor kurzem als besonderes wissenschaftliches Prinzip formuliert worden ist, heute allgemein als ein Axiom von gleicher Evidenz und gleichem Range angesehen wird wie das von der Unzerstörbarkeit der Materie“. Allerdings scheint STALLO diese Ansicht mit den mechanistischen Theorien in Verbindung zu bringen; da er sie aber später nicht widerlegt, wie er das mit diesen Theorien im allgemeinen tut, so muß man annehmen, daß er ihr zustimmt.² LASSWITZ glaubt, auf einem etwas umständlichen Wege die Erhaltung der Energie selbst, oder doch wenigstens die irgendeiner Funktion der Geschwindigkeit *a priori* deduzieren zu können.³ SPIR versucht, die Erhaltung der Energie unmittelbar aus der Notwendigkeit einer Übertragung der Bewegung abzuleiten.⁴

Es versteht sich, daß wir überall bei diesen Deduktionen die kausale Identität als ihre Grundlage wiederfinden. Wenn SPENCER

¹ SPENCER, a. a. O. S. 251 ff.

² STALLO, *La matière*, S. 10 f.

³ LASSWITZ, *Geschichte der Atomistik*, Bd. II, S. 377, und Ders., *Zur Rectifizierung der kinetischen Atomistik*, Vierteljahrsschrift f. wissenschaftliche Philosophie, IX, 1885, S. 154.

⁴ SPIR, a. a. O. S. 409.

es für undenkbar erklärt, daß die Bewegung, die Kraft geschaffen oder vernichtet werden könnte, so liegt das daran, daß er sie in seiner Vorstellung in Wesenheiten, in Substanzen verwandelt hat. Zweifellos aus demselben Grunde glaubt STALLO, daß die Prinzipie der Konstanz der Masse und der Energie ihren „Rang als Axiome“ behalten könnten, auch wenn es sich zeigt, daß die Mechanistik, auf der sie zu ruhen scheinen, zusammenbricht. Auch LASSWITZ' Beweis läuft daraus hinaus, daß *a priori* behauptet wird, *etwas* müsse bei der Verwandlung der Bewegung beharren, — wie wir sahen, ist dies die exakteste Form des Kausalprinzips.

Prüfen wir unter diesem Gesichtspunkt die wichtigsten Arbeiten etwas genauer, die wir bei der Darstellung der Geschichte des Prinzips aufgezählt haben, so werden wir gleichfalls erkennen, daß die Kausalität überall die wahre Triebfeder bildet. Wie wir gesehen haben, leitet DESCARTES sein Prinzip der Erhaltung der Bewegung unmittelbar aus der „Unwandelbarkeit Gottes“ ab, d. h. aus der Identität des Weltalls in der Zeit. LEIBNIZ gibt seine strenge Formulierung des Kausalprinzips, die wir im ersten Kapitel benutzt haben, gerade gelegentlich der Erörterung über die Erhaltung der lebendigen Kräfte. In der Tat läßt sich auch kaum ein deutlicheres und mehr in die Augen springendes Beispiel für die Anwendung der Identität in der Zeit finden. Mit seinem starken und durchdringenden Verstand hat LEIBNIZ klar gesehen, was er tat, und ist geradeswegs auf sein Ziel losgegangen. Ursache und Wirkung sollen identisch, vertauschbar sein. Das ist aber nur möglich, wenn das Produkt aus der Masse in das Quadrat der Geschwindigkeit konstant bleibt. Also ist dies der Ausdruck, der sich im Wechsel der Erscheinungen erhält und das wahre Maß der Kraft darstellt.

J.-R. MAYER drückt sich gleich zu Anfang seiner berühmten Abhandlung von 1842 folgendermaßen aus: „Kräfte sind Ursachen; mithin findet auf dieselben volle Anwendung der Grundsatz: *causa aequat effectum*“.¹ Er folgert daraus: „Kräfte sind also: unzerstörliche, wandelbare, imponderable Objekte“,² und er wiederholt noch einmal: „Wir beschließen unsere Thesen, welche sich mit Notwendigkeit aus dem Grundsatz *causa aequat effectum* ergeben“.³ Darauf versucht er, durch eine einzige Rechnung das Wärmeäquivalent zu bestimmen; das ist ein Beweis dafür, daß seine Deduktion aufrichtig

¹ J. R. MAYER, a. a. O. S. 233. — ² Dasselbst, S. 234. — ³ Dasselbst, S. 239.

gemeint ist, denn diese Rechnung wäre sinnlos, wenn **MAYER** nicht auf einem anderen Wege zu der Überzeugung gelangt wäre, daß E eine wirkliche Konstante sein müsse. Offenbar gilt dieses Argument auch für **SADI CARNOT**, der anscheinend gleichfalls versucht hat, E durch eine einzige Rechnung zu bestimmen, und zwar wahrscheinlich durch dieselbe Rechnung wie **MAYER**.

COLDING argumentiert wie **BERNOULLI**: „Da die Kräfte geistige, stofflose Wesen sind, Entitäten, die wir nur durch ihre Herrschaft über die Natur kennen, so müssen sie zweifellos jedem existierenden materiellen Dinge weit überlegen sein; und da es evident ist, daß die Weisheit, die wir in der Natur bemerken und bewundern, sich nur in den Kräften ausdrückt, so müssen diese Mächte zu der geistigen, stofflosen und intellektuellen Macht in Beziehung stehen, welche den Fortschritt in der Natur leitet. Wenn dem aber so ist, so ist es ganz unmöglich, diese Kräfte als etwas Sterbliches oder Vergängliches zu begreifen. Folglich sind sie ohne allen Zweifel als unvergänglich anzusehen“.¹ So meint also **COLDING**, daß es genüge, die große Bedeutung des Kraftbegriffes hervorzuheben, den Rang dieses Begriffes sozusagen in den Himmel zu erheben, um daraus zu deduzieren, daß die Kraft eine *Substanz* sein, daß sie sich erhalten müsse. Die quasi-theologische Form des Beweises erinnert im übrigen an die analoge Deduktion des Trägheitsprinzips bei **DESCARTES** (S. 149).

JOULE scheint auf den ersten Blick induktiv zu verfahren. „Nachdem ich bewiesen habe, daß die Wärme durch die magnet-elektrische Maschine erzeugt wird . . . , wird es sehr interessant, zu untersuchen, ob zwischen dieser Wärme und der gewonnenen oder verlorenen mechanischen Kraft (*power*) ein konstantes Verhältnis besteht“.² Es scheint unmöglich, das Problem vom Standpunkt der Prinzipien des Schließens *a posteriori* korrekter zu formulieren. Nachdem er jedoch die Versuche angestellt hatte und nachdem sich, wie wir sahen, herausgestellt hatte, daß ihre Ergebnisse sehr stark divergierten, schloß **JOULE** nun nicht etwa, daß das betreffende Verhältnis

¹ A. COLDING, Brief an die Redaktion des Philosophical Magazine über die Geschichte des Prinzips von der Erhaltung der Energie, Phil. Mag. (4), Bd. 27, 1863. Die in den Acta der Kopenhagener Akademie veröffentlichte Originalarbeit COLDINGS scheint niemals in eine leichter zugängliche Sprache übersetzt worden zu sein.

² JOULE, a. a. O. S. 435.

nicht konstant, sondern variabel sei, vielmehr nahm er das Mittel aus allen seinen Versuchsergebnissen und erklärte dieses für den wirklichen Wert des besagten Verhältnisses; er war also offenbar von vornherein von seiner Konstanz überzeugt.

Übrigens hat JOULE die Quelle dieser seiner Überzeugung sehr deutlich angegeben. „Wir könnten *a priori* deduzieren, sagt er in einer etwas späteren Arbeit, daß eine solche absolute Vernichtung der lebendigen Kraft $\frac{1}{2}mv^2$ nicht stattfinden kann, denn es ist offenbar *absurd*, anzunehmen, daß die Kräfte (*powers*), mit denen Gott die Materie ausgestattet hat, durch die Tätigkeit des Menschen zerstört oder geschaffen werden könnten; aber wir sind nicht auf dieses Argument allein angewiesen, wie entscheidend es auch jedem vorurteilsfreien Geiste erscheinen muß“¹. Zu dieser Stelle bemerkt MACH scherzend, daß JOULE wohl kaum einverstanden gewesen wäre, seine Behauptung über Gott dem Urteilspruch einer kirchlichen Synode zu unterwerfen.² Das ist aber, wie gesagt und wie MACH an anderer Stelle selbst andeutet, nur ein Scherz: der Gott, von dem JOULE spricht, hat nichts mit dem Gott der Theologen zu tun; wie bei DESCARTES und bei LEIBNIZ in einer Menge ähnlicher Stellen und ebenso wie bei COLDING in dem soeben angeführten Auszug ist dieser Gott, von dem JOULE spricht, ein Symbol der allgemeinen Ordnung der Natur und im vorliegenden Falle der wesenhaften Unwandelbarkeit der Dinge, d. h. ein Symbol des Kausalprinzips.

In seiner Arbeit vom Jahre 1847 beruft sich HELMHOLTZ gerade wie seine Vorgänger auf das Kausalprinzip,³ und noch zehn Jahre später, als FARADAY seine Gedanken über die Erhaltung der Energie

¹ JOULE, *Scientific Papers*, London 1884—87, S. 268.

² MACH, *Die Prinzipien der Wärmelehre*, Leipzig 1896, S. 261.

³ HELMHOLTZ, *Wissenschaftliche Abhandlungen*, Bd. I, S. 13: „Wir werden genötigt und berechtigt . . . durch den Grundsatz, daß jede Veränderung in der Natur eine zureichende Ursache haben müsse.“ Später hat HELMHOLTZ in Anmerkungen zu dieser Arbeit erklärt, daß er zu sehr von KANT beeinflusst gewesen sei und daß das Prinzip der Kausalität nichts anderes sei als die Voraussetzung der Gesetzmäßigkeit aller Naturerscheinungen (vgl. oben S. 3). Das ist die wohlbekannte Verwechslung, und man kann sich leicht klar machen, daß das Prinzip, auf das sich HELMHOLTZ bei der Behauptung berief, daß man die Erscheinungen auf unveränderliche Kräfte zurückführen müsse, in der Tat das Kausalprinzip ist. Man ersieht auch aus der Fortsetzung der Stelle (a. a. O. S. 68), daß das, was ihn irregeführt hat, die Verwechslung der Gesetze mit den Eigenschaften der Körper war: „das Gesetz als objektive Macht anerkannt, nennen wir Kraft (vgl. oben S. 30 f.)“.

auseinandersetzte, dachte dieser nicht einen Augenblick daran, das Prinzip als ein experimentelles Gesetz zu behandeln, sondern begründete seine Überzeugung mit der Gleichheit von Ursache und Wirkung.¹

Neben diesen rein kausalen Ableitungen, die unstreitig vorherrschen, finden sich andere, bei denen die Kausalität weniger direkt mitzuspielen scheint. Sie gehören zwei Haupttypen an: der eine ist der Beweis auf Grund der Zentralkräfte, der andere stützt sich auf die Unmöglichkeit des *perpetuum mobile*. Beide Typen finden wir in HELMHOLTZ' Arbeit von 1847 vertreten. Der erste beruht auf der Annahme, daß die Bewegungserscheinungen ausschließlich von Kräften beherrscht sind, die von Kraftzentren ausgehen, in der Verbindungslinie zweier solchen Zentren wirken und ihrer Größe nach nur von deren gegenseitigen Entfernungen abhängen. Unter dieser Voraussetzung läßt sich die Erhaltung der Energie rein mathematisch ableiten. Wir haben oben (S. 70) die Berechtigung dieser Hypothese untersucht und dabei gefunden, daß sie der Wirklichkeit keineswegs entspricht. Für den Augenblick wollen wir aber von diesen Einwänden absehen; was bedeutet denn eigentlich die Annahme von Körpern oder diskreten Teilchen, die zeitlich unveränderliche Kräfte ausüben? Das ist, wie wir gesehen haben, eine Form der mechanistischen Hypothese, d. h. eine rein kausale Vorstellung, ein Weltbild, das in jedem Stück ausschließlich zu dem Zweck geschaffen ist, unser Streben nach Erhaltung der Identität in der Zeit zu befriedigen. Im Grunde beruht also dieser Beweis auf nichts anderem als auf der Identität des Antezedens mit dem Konsequens, der Ursache mit der Wirkung, gerade wie bei LEIBNIZ und MAYER.

Die Unmöglichkeit eines *perpetuum mobile* ist schon früh behauptet worden. LIONARDO DA VINCI² bedient sich dieses Prinzips und ebenso CARDANUS.³ GALILEI behauptet, daß man ein *perpetuum*

¹ FARADAY, *On the Conservation of Force*, Phil. Mag. (4), XIII, 1857, S. 239; vgl. Ders., *Experimental Researches on Electricity*, London 1839—1855, Bd. II, §§ 2069, 2073. Es ist interessant, festzustellen, daß die heftigen Angriffe TAITs gegen ROBERT MAYER und SÉGUIN, die er als „spekulative Philosophen“ und „Metaphysiker“ bezeichnete (vgl. z. B. TAIT, *Conférences*, Paris 1856, S. 18, 73, 77), ebenso FARADAY und sogar, wie wir sahen, JOULE treffen.

² Vgl. DUHEM, *Les origines de la statique*, S. 21.

³ Dasselbst, S. 58.

mobile nicht mit Hilfe der einfachen Maschinen herstellen könne (s. oben S. 193). Immerhin stellt es für ihn kein unabhängiges Prinzip dar, er leitet es aus den Bedingungen ab, unter denen diese Maschinen funktionieren. Ein wenig später dagegen benutzt STEVIN diese Unmöglichkeit, die er als an sich evident betrachtet, zur Ableitung der Regeln für die Maschinen. STEVIN denkt sich eine endlose Kette über ein Dreieck mit ungleichen Seiten gelegt, dessen Grundlinie wagerecht liegt. Die beiden Teile der Kette, die auf den schiefen Seiten liegen, müssen sich das Gleichgewicht halten; denn der nach unten hängende Teil kann aus Symmetriegründen keinen Einfluß haben; vermöchte aber einer der Kettenteile das System nach seiner Seite zu ziehen, so würde, da nach vollzogener Bewegung dieselbe Lage wieder hergestellt wäre, „die Bewegung kein Ende haben, was absurd ist“.¹ LEIBNIZ benutzt die Unmöglichkeit des *perpetuum mobile*, um die Erhaltung der lebendigen Kraft zu beweisen², und HUYGENS macht auch von ihr Gebrauch.³ Auch SADI CARNOT legt sie dem Beweise seines Prinzips zugrunde.⁴ Als SÉGUIN 1839 das Energieprinzip formulierte, ging er gleichfalls von dieser Unmöglichkeit aus.⁵ Endlich hat HELMHOLTZ 1847 den vollständigen Beweis geliefert.

Damit der Beweis schlüssig sei, müssen wir natürlich genau wissen, wie der Satz, auf dem er beruht, eigentlich zu verstehen ist: enthält er eine Wahrheit *a priori* oder eine empirische Regel? Für LEIBNIZ ist er einfach eine Folgerung aus dem Kausalprinzip: wäre das *perpetuum mobile* möglich, so wäre die Wirkung größer als die Ursache.⁶ HUYGENS drückt sich sehr vorsichtig aus; für rein mechanische Systeme scheint ihm die Unmöglichkeit festzustehen; jedoch räumt er ein, daß für andere „*physico mechanice* wie beim Gebrauch des Magnetsteins es eine gewisse Hoffnung gäbe“.⁷ CARNOT meint gleich-

¹ STEVIN, *Oeuvres mathématiques*, franz. Übers. von GÉRARD, Leyden 1634, S. 448. — Vgl. DUHEM, a. a. O. S. 266 ff.

² Vgl. besonders LEIBNIZ, *De legibus naturae et vera aestimationi virium motricium*. *Mathem. Schriften*, Bd. VI, S. 204 f.

³ Vgl. den Brief von HUYGENS daselbst, Bd. I, S. 140.

⁴ SADI CARNOT, *Réflexions sur la puissance motrice du feu*, Neudruck, Paris 1903, S. 21.

⁵ Vgl. oben S. 198, Anm. 5.

⁶ LEIBNIZ, a. a. O. S. 204: *Docui ex contraria essentia sequi inaequitatem causae et effectus, imo motum perpetuum, quae absurda videantur*. Daselbst: *Nascitur motus perpetuus seu effectus potior causa*. S. 206: *Saltem negabunt quidem motum perpetuum seu effectum causa potiore esse possibilem*. Vgl. COUTURAT, *Revue de métaphysique*, XI, 1903, S. 89.

⁷ LEIBNIZ, *Mathematische Schriften*, Bd. I, S. 149.

falls, daß das *perpetuum mobile* durch rein mechanische Mittel nicht zu verwirklichen sei. Aber, fügt er hinzu, „kann man sich vorstellen, daß die Erscheinungen der Wärme und der Elektrizität auf etwas Anderem beruhen als auf irgendwelchen Bewegungen der Körper, und müssen sie als solche nicht den allgemeinen Gesetzen der Mechanik unterworfen sein?“¹ Für HELMHOLTZ ist der Satz eine Erfahrungswahrheit; „Übrigens ist dieses Gesetz, wie alle Kenntnis von Vorgängen der wirklichen Welt, auf induktivem Wege gewonnen worden. Daß man kein *perpetuum mobile* bauen, das heißt Triebkraft ohne Ende nicht ohne entsprechenden Verbrauch gewinnen könne, war eine durch viele vergebliche Versuche, es zu leisten, allmählich gewonnene Induktion.

„Schon längst hatte die französische Akademie das *perpetuum mobile* in dieselbe Kategorie wie die Quadratur des Zirkels gestellt und beschlossen, keine angeblichen Lösungen dieses Problems mehr anzunehmen. Das muß doch als der Ausdruck einer unter den Sachverständigen weit verbreiteten Überzeugung angesehen werden.“² Diese Ansicht HELMHOLTZ' ist offenbar paradox. Zwar ist es sicher nicht ganz undenkbar, daß wir allein durch Erfahrung zur Erkenntnis eines rein negativen und sehr allgemeinen Urteils gelangen könnten: das ist z. B. bei dem Carnotschen Prinzip ungefähr der Fall, das wir sicher geneigt sind als negativen Satz zu formulieren. Aber dieses Prinzip ergibt sich unmittelbar ohne irgendeine Deutung aus Erfahrungen, die wir sozusagen fortwährend machen. Dafür gibt es beim *perpetuum mobile* kein Analogon; die tägliche Beobachtung gibt uns keineswegs die Überzeugung von seiner Unmöglichkeit, was ja gerade durch die zahllosen Versuche zu seiner Verwirklichung bewiesen wird.³ Allenfalls könnte man noch annehmen, daß sehr ausgedehnte und nach einem genauen Plan unternommene Versuchsreihen, die sämtliche Vorgänge innerhalb sehr weiter Grenzen umfassen würden, zur Aufstellung eines solchen Satzes führen könnten. Kann man aber im Ernst die oft ausschweifenden Versuche jener Erfinder mit solchen Experimenten auf eine Stufe stellen?

¹ S. CARNOT, a. a. O. S. 21, Anm. 1.

² HELMHOLTZ, *Wissenschaftliche Abhandlungen*, Bd. 1, S. 73.

³ „Daß die Lehre von der Erhaltung der Energie nicht an sich evident ist, das zeigen die immer wiederholten Versuche, das *perpetuum mobile* zu erfinden.“ MAXWELL, *Theory of Heat*, 10. Aufl. 1891. S. 144.

Niemand hat sich je die Mühe genommen, die Arbeiten dieser Erfinder auch nur methodisch zu klassifizieren, — die Aufgabe wäre übrigens ebenso mühselig wie unfruchtbar. Nun kann aber eine beliebige Reihe von vergeblichen Versuchen nicht genügen, die Unlösbarkeit eines Problems zu beweisen; andernfalls hätten sehr viele große Entdeckungen gerade am Vorabend ihrer Verwirklichung für unmöglich erklärt werden können. Um den dynamischen Flug bemüht sich die Menschheit wahrscheinlich länger als um das *perpetuum mobile*; das bezeugen die Sagen, die sich in der volkstümlichen Überlieferung so vieler Nationen finden; diese Versuche sind bisher erfolglos geblieben,¹ und doch denkt niemand daran, diese Unmöglichkeit zum Prinzip zu erheben. Es ist richtig, daß das Suchen nach dem *perpetuum mobile* heutzutage in einem gewissen Mißkredit steht; aber es fehlt viel daran, daß sich in dieser Hinsicht ein *consensus omnium* herausgebildet hätte. Noch immer erfinden Menschen das *perpetuum mobile*, sogar mit rein mechanischen Mitteln. Zuweilen rühren solche Versuche sogar von scharfsinnigen Köpfen her, die keineswegs jeder technischen Bildung entbehren; das bezeugt z. B. die Erfindung, mit der sich die *Times* kürzlich beschäftigt hat.² Es sei dazu bemerkt, daß der Mitarbeiter der englischen Zeitung die Unfruchtbarkeit dieses Versuches nicht etwa mittels der negativen Ergebnisse der Vergangenheit, sondern auf Grund des Energieprinzips beweist; das entspricht unstreitig dem allgemeinen Gefühl, wonach die Unmöglichkeit des *perpetuum mobile* aus dem Energieprinzip folgt, und nicht umgekehrt. Dieses Gefühl stimmt übrigens mit der Ansicht der großen Geister überein, deren Namen wir oben angeführt haben. Für LEIBNIZ kann darüber kein Zweifel bestehen; aber HUYGENS und CARNOT dachten, als sie die Unmöglichkeit des rein mechanischen *perpetuum mobile* behaupteten, ohne Zweifel an das Prinzip der lebendigen Kräfte; vielleicht hatte CARNOT außerdem eine Ableitung des Energieprinzips aus der Annahme der Zentralkräfte im Auge; soviel steht aber fest: die Unmöglichkeit eines *perpetuum mobile* erschien ihnen nicht als Erfahrungstatsache. Die berühmte Entscheidung der Pariser Akademie der Wissenschaften, auf die HELMHOLTZ sich beruft, kann seine Behauptung nicht stützen, ganz im Gegenteil!

¹ Diese Zeilen wurden im Jahre 1907 geschrieben.

² *The Times. Engineering Supplement*, 19. April 1905, S. 64.

Sie wurde 1775 gefällt; die Akademie kündigt darin an, daß sie in Zukunft nicht mehr prüfen würde: „irgendwelche Lösungen der Verdoppelung des Würfels, der Dreiteilung des Winkels oder der Quadratur des Kreises, ferner eine Maschine, die als *perpetuum mobile* angekündigt würde“. Über die Beweggründe des letzten Teiles dieser Entscheidung gibt die *Histoire de l'Académie* folgende Auskunft: „Die Konstruktion eines *perpetuum mobile* ist absolut unmöglich: selbst wenn die Reibung, der Widerstand des Mediums nicht auf die Dauer die bewegende Kraft aufzehren würden, so könnte diese Kraft doch nur eine Wirkung hervorbringen, die ihrer Ursache gleich ist; will man also, daß die Wirkung einer endlichen Kraft unbegrenzt lange dauere, so muß diese Wirkung in einer endlichen Zeit unendlich klein sein. Sieht man von der Reibung und vom Widerstand ab, so würde ein Körper die Bewegung für immer behalten, die man ihm einmal erteilt hat; aber er könnte das nur tun, wenn er dabei auf keinen anderen Körper wirkte, und das einzige unter dieser Voraussetzung mögliche *perpetuum mobile* (das übrigens in der Natur nicht vorkommen kann) wäre absolut nutzlos für den Zweck, den die *Perpetuum-mobile*-Erbauer verfolgen“. ¹ Das ist wiederum, wie man sieht, der Beweis durch die Erhaltung der lebendigen Kraft, der sich, wie bei LEIBNIZ, auf die Gleichheit von Ursache und Wirkung stützt. Zweifellos bezog sich diese Entschließung nach der Absicht ihrer Verfasser unmittelbar nur auf die reinen Mechanismen; wahrscheinlich waren einige von ihnen mit HUYGENS der Meinung, daß außerhalb dieses Gebietes die Unmöglichkeit nicht bewiesen sei. Jedenfalls wurde die Entschließung in der gelehrten Welt so verstanden. Man fuhr fort, das *perpetuum mobile* zu suchen, und die Sucher waren, wie DUHEM sehr richtig bemerkt, ² keineswegs lauter Narren. Ebenso nahm man sehr bereitwillig VOLTAS Gedanken über die Berührungselektrizität auf, obwohl sich doch aus ihnen die Möglichkeit ergab, ein System zu finden, das unbegrenzte Mengen elektrischer Energie liefern konnte, ohne sich zu verbrauchen und ohne der Überwachung zu bedürfen, eine Möglichkeit, die der große italienische Physiker ausdrücklich behauptet hat. ³ Noch 1833

¹ *Histoire de l'Académie Royale des sciences*, Jahrg. 1775, Paris 1777, S. 61—65.

² DUHEM, *Les origines de la statique*, S. 279.

³ Vgl. LE BLANC, *Les idées nouvelles sur la théorie des piles*, *Revue générale des sciences*, Bd. 10, 1899, S. 725.

vertritt MUNCKE, ein angesehener Physiker, ganz im Sinne von HUYGENS die Ansicht, daß das physikalische *perpetuum mobile* möglich sei, wobei er sich auf das Planetensystem, die Erdrotation, die Flüsse, das Barometer und die Magnetnadel beruft.¹ Und wenn heute die entgegengesetzte Überzeugung allgemein verbreitet ist, so liegt das, daran ist kein Zweifel möglich, an der Tatsache, daß alle Welt an die Erhaltung der Energie glaubt.²

Bleibt noch der Beweis von STEVIN. DUHEM³ meint, STEVIN habe seinen Glauben aus CARDANUS geschöpft, d. h. aus Überlegungen über die Kraft, die nötig ist, um eine Maschine in Bewegung zu erhalten. Dies kann sein, geht aber aus seiner Deduktion nicht hervor, die eine direkte ist und unbestreitbar eine große Überzeugungskraft besitzt, wenn auch manche Zeitgenossen, darunter MERSENNE, Zweifel darein gesetzt haben.⁴

Sicherlich gibt es Bewegungen, die wir instinktiv als unmöglich empfinden. Gelingt es daher in irgendeinem Beweis, die Erscheinungen derart zu vereinfachen, daß man sie z. B. auf den Stein zurückführen kann, „der durch sein eigenes Gewicht wieder in die Höhe steigt“, so sind wir überzeugt. Aber diese Klarheit, die uns vollkommen erscheint, solange es sich um einfache Vorgänge handelt, verschwindet sofort, wenn diese etwas verwickelter werden. Das liegt daran, daß es sich hier nicht um Vernunftwahrheiten handelt. Das Gesetz der Schwere selbst ist ein rein empirisches. Weil wir die Körper ständig zur Erde streben sehen, begreifen wir, daß da eine allgemeine Regel, ein Gesetz waltet; aber dadurch verstehen wir noch lange nicht, was die Schwere ist; es gelingt uns nicht, darin eine logische Notwendigkeit zu erkennen, und unsere Vernunft verweigert die Auskunft, sobald von Umständen die Rede ist, die von den uns bekannten fundamental verschieden sind. Im Grunde geht die Tatsache, daß ein kleines Gewicht ein großes zu heben vermag, völlig gegen unser unmittelbares Gefühl, und wir waren alle erstaunt, als man uns lehrte, daß dies Ergebnis mit einem geeigneten Hebelarm erzielt werden kann. Daraus erklärt es sich auch,

¹ MUNCKE, *Perpetuum mobile*, in GEHLERS *Physikalischem Wörterbuch*, Leipzig 1833, Bd. VII, S. 408.

² J. PERRIN, *Traité de chimie physique*, Paris 1903, S. 77, leitet die Unmöglichkeit des *perpetuum mobile* aus dem Energieprinzip ab.

³ DUHEM, a. a. O. S. 279.

⁴ Dasselbst, S. 298.

daß es noch immer so viele Leute gibt, die das *perpetuum mobile* sogar mit rein mechanischen Mitteln zu verwirklichen suchen.¹

So ist also das Energieprinzip ganz wie das der Trägheit oder das der Erhaltung der Materie weder empirisch noch *a priori*, sondern plausibel.

Diese Behauptung läßt sich sogar für die Energie, wenn nicht vollständiger, so doch direkter beweisen als für die Geschwindigkeit und die Masse.²

Betrachten wir die Frage zunächst vom historischen Standpunkt, so wird, wie wir sahen, die Erhaltung bereits zu einer Zeit postuliert, da der Begriff noch nicht einmal präzis definiert ist. Man *will*, daß etwas erhalten bleibt; DESCARTES und seine Zeitgenossen behaupten das, obgleich sie über die Natur dessen, was sich erhalten soll, in einem völligen Irrtum befangen sind. Es kann sein, daß der Irrtum experimentellen Ursprungs ist;² aber es steht fest, daß der Versuch MERSENNEs, der den Ausgangspunkt bildete, selbst wenn er ein exakter gewesen wäre, nicht im entferntesten eine so umfassende Verallgemeinerung gerechtfertigt hätte. Ebenso bemerkenswert ist die Tatsache, daß während all der Diskussionen, die im XVII. und XVIII. Jahrhundert über das Maß der Kräfte geführt wurden, Maß und Erhaltung absolut zusammengeworfen wurden. Wenn eine Kraft (wir sagen jetzt „Energie“) eine gewisse Wirkung hervorzubringen vermag, so wird die Kraft, die dieselbe Wirkung ausüben kann, der ersten gleich geschätzt werden müssen; aber daraus folgt keineswegs, daß die Kraft ihrer Wirkung gleichen müsse. Nun kann man sich aber leicht davon überzeugen, daß im Gegenteil gerade die zweite Formel den erwähnten Diskussionen zugrunde liegt. Endlich ist auch klar, daß die Entdeckung MAYERS und JOULEs nur einen Konstanzbegriff an die Stelle von anderen bereits existierenden gesetzt hat, die eben dadurch aufgehoben wurden. LEIBNIZ hielt die mechanische Energie für unzerstörbar, und andererseits nahmen

¹ HELM hat zwar deutlich erkannt, daß der Satz von der Unmöglichkeit des *perpetuum mobile* kein rein empirischer ist (*Die Lehre von der Energie*, Leipzig 1887, S. 92); dennoch glaubt er ihn als Grundlage für einen *induktiven* Beweis des Energieprinzips benutzen zu können (S. 41). Nach unserer Ansicht beziehen sich die aprioristischen Vorstellungen, von denen HELM annimmt, daß sie beim *Perpetuum-mobile*-Prinzip eine Rolle spielen, auf das Energieprinzip; das erste dieser beiden Prinzipie beruht auf dem zweiten und nicht umgekehrt.

² Vgl. ROSENBERGER, *Geschichte*, Bd. II, S. 95.

DELUC, BLACK und WILKE die Unzerstörbarkeit des Wärmestoffs an. Was wir als Prinzip der Erhaltung der Energie bezeichnen, besteht in dem Beweis, daß im Gegenteil sowohl die Wärme als auch die mechanische Energie für sich genommen entstehen und vergehen können, daß aber in diesem Falle das Verschwinden von mechanischer Energie mit dem Erscheinen einer gewissen Menge Wärmeenergie verbunden ist und umgekehrt.

Zu ähnlichen Schlußfolgerungen gelangt man, wenn man den Energiebegriff der heutigen Physik genauer untersucht. Der Begriff der Masse ist nur der Ausdruck des Verhältnisses, in dem die Körper aufeinander wirken. Dabei handelt es sich in Wirklichkeit um eine ganz bestimmte Wirkung, nämlich die mechanische; das Verhältnis wäre ein ganz anderes, wenn wir die elektrische oder thermische Wirkung zur Grundlage nähmen. Vermöge der Vorzugstellung jedoch, die wir den Bewegungserscheinungen vor allen anderen ohne Ausnahme einräumen, ist es sicher, daß der Begriff der Masse für uns eine besondere Wichtigkeit besitzt (S. 186). Da übrigens das Trägheitsprinzip den Bewegungszustand des Körpers für gleichgültig erklärt, sofern die Bewegung nur gleichförmig und geradlinig ist, so haben wir die Möglichkeit, zur Bestimmung des besagten Verhältnisses von einem Anfangszustand auszugehen, der uns als identisch erscheint: der relativen Ruhe. Endlich lehrt uns eine unaufhörliche Erfahrung die Beziehung aller uns umgebenden Körper zu einem einzigen immer gleichen, der Erde, kennen. Dadurch erscheint uns die Masse nicht mehr als ein Etwas, das Beziehungen zwischen zwei Körpern regelt, sondern als ein Koeffizient, der jedem Körper für sich anhaftet, worauf dann die Kausalität es übernimmt, ihn in eine Substanz zu verwandeln. Aber mit der Energie steht es nicht ebenso; sie bleibt eine Beziehung, und will man sie als Eigenschaft auffassen, so kann man sie nur zur Eigenschaft eines Systems, nicht zu der eines einzelnen Körpers machen. Gewiß findet man zuweilen, besonders in populären Büchern, Ausdrucksweisen, aus denen man auf das Gegenteil schließen könnte; man sagt z. B. von einem Körper, er stelle ein „Energiereservoir“ dar; aber dabei setzt man stillschweigend eine Menge von Bedingungen voraus. Eine gewisse Menge Steinkohle z. B. vermag bei ihrer Verbrennung eine bekannte Zahl von Kalorien abzugeben. Bestünde aber unsere Atmosphäre aus

Chlorgas, so wäre diese Zahl eine ganz andere. Zwei Himmelskörper würden, wenn sie aufeinanderstürzten, einen Betrag an Wärmeenergie frei machen, den wir berechnen können; würden aber hinterher zwischen den Bestandteilen dieser Massen chemische Reaktionen stattfinden, so würde diese Wärmemenge sich um einen unbekannten Betrag erhöhen. Selbst wenn wir im Bereich der reinen Mechanik bleiben, gelingt es uns nicht, die Energie als Eigenschaft an die Körper zu binden. Um das einzusehen, braucht man sich nur den mathematischen Ausdruck für die kinetische Energie anzusehen. Er enthält das Quadrat der Geschwindigkeit; nun kennen wir aber nur relative Geschwindigkeiten. Alle uns umgebenden irdischen Massen bewegen sich, von der Sonne aus gesehen, mit einer beträchtlichen Geschwindigkeit, da sie von der Erde in ihrer Bewegung mitgenommen werden; aus diesem Grunde besitzen sie also eine ungeheure kinetische Energie. Aber wir kümmern uns nicht um sie, wir tun, als sei sie nicht vorhanden, und zwar mit Recht; denn sie kann in keiner Weise das Geschehen auf der Erde beeinflussen, es sei denn bei einem Zusammenstoß mit einem Meteor. Erst recht kann man von der potentiellen Energie nur mit Bezug auf ein System reden. Die Masse, die ich hier in der Hand halte, kann auf den Fußboden meines Zimmers fallen, auf die Straße oder in einen Brunnen-schacht, den ich mir so tief vorstellen kann, wie ich will; ja ich kann mir auch vorstellen, daß sie auf die Sonne fällt, die sie unstreitig anzieht; in jedem dieser Fälle würde ein ganz anderer Betrag an Energie frei werden. Betrachtet man nur *einen* Körper und nicht ein ganzes System, so ist es unmöglich, im Voraus zu berechnen, welchen Energiebetrag der Körper abgeben kann; dieser Betrag ist eigentlich unendlich, sogar innerhalb jedes einzelnen Körpers; denn wir brauchen nur anzunehmen, daß die Körper aus punktförmigen Kraftzentren bestehen, und wir erhalten sofort eine unendliche Arbeit, wenn wir zwei solcher Zentren zur Koinzidenz bringen wollen.¹

¹ Bekanntlich sind infolge neuerer Entdeckungen, insbesondere der der radioaktiven Körper, die Betrachtungen über die intraatomare Energie aus dem Bereich bloßer Spekulation in das der experimentellen Physik übergegangen. Die Zahlen, zu denen man dabei gelangt, sind wahrhaft ungeheuer, verglichen mit den Beträgen, die uns die gewöhnlichen Energiequellen liefern (vgl. unten S. 286); dabei kann man natürlich nicht einmal behaupten, daß diese Zahlen wirklich alles erschöpfen, was der Körper an latenter Energie enthält.

[Man vergleiche hierzu die auf S. 204, Anm.*, genannten Werke von EDDINGTON und JEANS. Ltn.]

Lord KELVIN hat den Begriff der „inneren Gesamtenergie“ (*total intrinsic energy*) eingeführt, und viele Physiker haben ihn seitdem benutzt. Man muß aber bedenken, daß diese Größe mit Bezug auf einen Normalzustand (*standard state*) definiert ist, sie kann also auch einen negativen Wert annehmen.¹ HERTZ bemerkt mit Recht, daß diese Annahme für eine echte Substanz absurd wäre, denn diese könnte natürlich nur als positive Größe aufgefaßt werden; unter diesen Umständen widerstrebe die potentielle Energie jeder Definition, die ihr die Eigenschaften einer Substanz beilegen würde.² Für unsere Vorstellung ist die Materie etwas Reales, die Energie dagegen lediglich ein mathematischer Ausdruck.

Es gibt aber noch andere ebenso ernste Schwierigkeiten. Bisher haben wir angenommen, daß die Energie sich aus zwei Größen zusammensetzt, nämlich der kinetischen Energie T und der Energie der Lage oder potentiellen Energie U . Wir haben also $T + U = \text{constans}$. Aber diese Zerlegung ist in Wirklichkeit nur auf die rein mechanischen Vorgänge anwendbar. Müssen wir dagegen gleichzeitig auch noch thermische, chemische oder elektrische Energie in Betracht ziehen, so müssen wir ein drittes Glied Q einführen, das diese innere Energie darstellt; die Gleichung muß dann lauten: $T + U + Q = \text{constans}$. Damit diese Gleichung einen klaren Sinn habe, müssen die einzelnen Glieder voneinander vollkommen unabhängig sein; d. h. T darf nur von den Geschwindigkeitsquadraten abhängen, U dagegen muß von den Geschwindigkeiten und dem Zustand der Teile unabhängig sein und darf nur von ihrer relativen Lage abhängen, Q endlich muß von den Geschwindigkeiten und der Lage unabhängig sein und darf nur vom inneren Zustand der einzelnen Körper abhängen. Diese Annahmen werden jedoch von der Erfahrung nicht bestätigt. Die elektrostatische Energie, die auf der Wirkung der elektrisch geladenen Körper aufeinander beruht, hängt nicht nur von ihrer Ladung, d. h. von dem Zustand der Körper ab, sondern auch von der Lage und den Geschwindigkeiten. Unter diesen Umständen können wir die Energie nicht mehr in ihre drei Komponenten aufspalten. Ist nun aber $T + U + Q$ konstant, so gilt dasselbe für eine beliebige eindeutige Funktion dieser Summe. Wären die Glieder T , U und Q

¹ Vgl. hierzu HELM, a. a. O. S. 35.

² HERTZ, *Gesammelte Werke*, Leipzig 1894, Bd. III, S. 25—27. HELM, a. a. O. S. 16 drückt eine ähnliche Ansicht aus.

voneinander völlig unabhängig, so gäbe es unter allen diesen Funktionen eine einzige, die eine ganz bestimmte Form hat, und diese würden wir als Energie bezeichnen. Hängen die Glieder aber in der Weise, wie wir eben sagten, von den verschiedenen Bedingungen ab, so existiert diese besondere Form nicht. „Dann aber“, sagt POINCARÉ, dem wir die vorstehenden Ausführungen beinahe wörtlich entnehmen, „haben wir nichts mehr, was uns bei unserer Wahl leiten könnte. Als einziger Ausdruck für das Energieprinzip bleibt uns dann nur der Satz: es gibt etwas, das konstant bleibt“.¹

Dies ist offenbar der allgemeinste Ausdruck, es ist der typische Ausdruck für das Erhaltungsprinzip; das beweist deutlich, daß es sich um eine vor aller Erfahrung vorhandene Tendenz handelt: wir kennen dieses Etwas nicht, können seine Natur nicht im Voraus angeben; aber wir hoffen, daß es in der Zeit konstant bleibe, ja wir verlangen es. Die Tatsache, daß ein so hervorragender Geist wie POINCARÉ ohne vorgefaßte theoretische Meinung, beseelt von dem einfachen Wunsche, den Inhalt des Prinzips zu präzisieren, zu einem solchen Ausdruck geleitet worden ist, verstärkt offenbar in ganz besonderem Maße die Schlußfolgerungen, zu denen unsere Untersuchung uns hingeführt hat.

¹ H. POINCARÉ, *Thermodynamique*, S. 9. — Ders., *La science et l'hypothèse*, S. 152—153, 158, 195.

SECHSTES KAPITEL

Die Elimination der Zeit

In den vorangehenden Kapiteln haben wir gesehen, wie stark sich das Postulat von der Identität der Dinge in der Zeit in der Naturwissenschaft geltend macht. Aus diesem Postulat erwachsen die atomistischen Theorien in allen ihren Teilen, und dasselbe Postulat veranlaßt uns zu dem Wunsche, daß bestimmte Begriffe, die als Substanzbegriffe angesehen werden können, im ständigen Wechsel der Erscheinungen erhalten bleiben; diese *kausale Tendenz* bereitet die Erhaltungsprinzipien vor, legt sie uns nahe und verleiht ihnen, nachdem sie einmal ausgesprochen sind, ein Ansehen, durch das „sie den Wahrheiten nahe kommen, deren Gegenteil undenkbar ist“, und das bewirkt, daß sie „beinahe einen Charakter der Universalität und der metaphysischen Notwendigkeit erhalten“.¹ Sie ist so mächtig, daß sie in uns Illusionen hervorruft, die unserer klaren Einsicht widersprechen; sie läßt uns etwas als Substanz betrachten, was ursprünglich nur ein Quotient zweier bestimmter Größen ist, wie die Geschwindigkeit, oder etwas, dessen Begriff in seiner Ganzheit gar nicht klar definierbar ist, wie die Energie². Aus diesem seltsamen Nimbus, der die Erhaltungsprinzipien umgibt, erklärt es sich auch, daß wir dazu neigen, ihre Tragweite maßlos zu überschätzen, so daß ihr Inhalt schließlich mit dem des Postulats der Kausalität selbst zusammenfällt: nichts entsteht und nichts ver-

¹ H. FOULLÉE, *L'avenir de la métaphysique*, Paris 1889, S. 18. — HERTZ spricht (a. a. O. S. 11) ähnliche Gedanken aus. Übrigens haben sowohl FOULLÉE wie HERTZ erkannt, daß das besondere Ansehen der Erhaltungsprinzipien darauf beruht, daß apriorische Elemente implizite in ihnen enthalten sind.

² In einem späteren Kapitel (S. 294) werden wir sehen, daß diese Unmöglichkeit sich noch weiter erstreckt, als wir das S. 218 f. auseinandersetzen konnten, daß sogar auf dem Gebiet, auf dem uns der moderne Energiebegriff am vertrautesten erscheint, nämlich in der Wärmelehre, für die er ja geschaffen wurde, keine andere Definition für ihn *in Worten* gegeben werden kann als die, die sich aus der Erhaltung selbst ergibt, gemäß dem Ausspruch POINCARÉ.

geht. Auf demselben Grunde beruht auch die Hartnäckigkeit, mit der wir danach trachten, diese Regeln aufrecht zu erhalten und alle Tatsachen, die sich nachträglich herausstellen und ihnen zu widersprechen scheinen, auszumerzen und, so gut es geht, zu erklären. Für diese Tendenz, die auch POINCARÉ bemerkt hat, bieten die Theorien, die man erdacht hat, um die Wirkung der radioaktiven Stoffe zu erklären, ein besonders eindrucksvolles Beispiel; vor allem, weil es sich in diesem Falle um die Erhaltung der Energie handelt, eines Prinzips, dessen experimentelle Grundlage, wie wir gesehen haben, eine sehr unsichere ist.¹

Aber die Wirkung des Postulats beschränkt sich nicht auf die Mechanistik und die Erhaltungsprinzipien. Man kann sich leicht überzeugen, daß der Einfluß, den das Postulat auf die Naturwissenschaft ausübt, nicht nur sehr stark, sondern auch sehr beharrlich ist; er macht sich überall geltend, und die Wissenschaft ist von ihm sozusagen durchtränkt. Das werden wir deutlich erkennen, wenn wir die rationalste aller physikalischen Wissenschaften untersuchen, die „rationelle Mechanik“. Diese Wissenschaft trägt ihren Namen sehr mit Recht, sie ist die Wissenschaft, die unserer *ratio*, unserer Vernunft am besten entspricht, aber von der Wirklichkeit, wie wir sehen werden, am weitesten entfernt ist.

Die vollkommene Identität der Ursache mit der Wirkung, wie die kausale Tendenz sie fordert, würde ganz offenbar ihre Äquivalenz nach sich ziehen, d. h. die Möglichkeit, den Vorgang umzukehren und vom Konsequens ausgehend zum Antezedens zu gelangen. Umgekehrt folgt aus dieser „Reversibilität“, wie man in der Physik sagt, keineswegs die Identität: ich kann ein goldenes Zehnfrankenstück gegen zwei Fünffrankenstücke umwechseln oder umgekehrt; daraus folgt, daß diese Dinge gleichen Wert haben, daß sie äquivalent sind, aber keineswegs, daß sie identisch sind.

¹ ARRHENIUS kommt in *Das Werden der Welten* (deutsch von BAMBERGER, Leipzig 1907, S. 62 f.) auf die Theorie zu sprechen, nach der die Wärmestrahlung der Sonne von den radioaktiven Stoffen herrührt. Er nennt diesen Gedanken „eigentümlich“; denn er „setzt voraus, daß Wärme aus nichts geschaffen wird“. Und er fügt hinzu: „Ehe man sich ernsthaft auf die Diskussion einer solchen Erklärung einläßt, muß man die Frage beantworten, woher diese Strahlung kommt und wo sie ihren Energievorrat holt.“ Offenbar wird hier die Energie als echte Substanz und ihre Erhaltung als eine unerschütterliche Wahrheit angesehen, die sogar dem direkten Versuch, wie dem über die Strahlung der radioaktiven Stoffe, überlegen ist.

Das Postulat der Reversibilität ist von LEIBNIZ klar ausgesprochen worden. Wir erinnern hier an die am meisten typische unter den früher angeführten Stellen über die Beziehungen zwischen Ursache und Wirkung: „Die gesamte Wirkung kann die volle Ursache oder ihresgleichen reproduzieren.“

Verhält es sich wirklich so? Wir brauchen nur unser inneres Bewußtsein zu fragen, um darauf zu antworten. Wir werden dann feststellen, daß wir das absolute Gefühl haben, daß die Natur in der Zeit einem unabänderlichen Laufe folgt. Wir wissen, daß das Heute nicht dem Gestern gleicht, daß zwischen den beiden etwas Unausstilgbares geschehen ist: *fugit irreparabile tempus*. Wir fühlen, wie wir altern. Wir können die Zeit nicht rückwärts durchlaufen. Ein begabter Romanschriftsteller hat jüngst versucht, uns die entgegengesetzte Annahme sozusagen greifbar vor Augen zu führen, und seine Erzählungen sind gerade wegen der fremdartigen Wirkung lehrreich, die von ihnen ausgeht. Es ist WELLS, der seinen Helden mit einer Maschine ausrüstet, die ihm erlaubt, sich nach Belieben in der Zeit hin und her zu bewegen, so wie wir uns im Raume bewegen.¹ Dabei ist er aber noch so vorsichtig, ihn vor allem in die Zukunft reisen zu lassen, die uns ja wegen unserer Unkenntnis notgedrungen als unbestimmt erscheint. Aber nehmen wir einmal eine Versetzung in die Vergangenheit an; WELLS Held würde dann am Vorabend der Schlacht von Hastings HAROLD vor der Kriegslist warnen, die WILHELM plant, und die Normannen würden geschlagen werden. Auf diese Weise wäre der ganze Verlauf der Geschichte verändert; aber das würde auch ohne solche ausschweifenden Annahmen in Wirklichkeit geschehen; denn ein einziges Individuum, das hinzukommt, verändert notwendigerweise den Zustand des Weltalls im gegebenen Augenblick; der weitere Verlauf könnte dann unmöglich so stattfinden, wie er tatsächlich gewesen ist. In die Vergangenheit zurückkehren, bedeutet die Vergangenheit ändern, und das erscheint uns als etwas Widerspruchsvolles.

Wir haben auch das Gefühl, daß nicht nur das ganze Weltall, sondern auch jeder einzelne Vorgang, den wir darin beobachten, seine bestimmte Richtung in der Zeit, seinen Anfang und sein Ende hat und daß es uns unmöglich ist, ihn uns in umgekehrter Reihenfolge vorzustellen. Wir brauchen nur an alle Vorgänge in der

¹ H.-G. WELLS, *The Time Machine*, Leipzig 1898.

organischen Natur zu denken: die Entstehung der Lebewesen, das Reifen, das Absterben und den Tod. Wer kann sich vorstellen, daß die Früchte vor den Blüten da sind, daß der Hahn sich in ein Ei verwandelt? Aber ebenso verhält es sich auch bei den Vorgängen, bei denen die Tatsache der Entwicklung uns zunächst weniger in die Augen springt. Alle verlaufen in einer bestimmten Richtung, und würden wir sie zufällig umgekehrt ablaufen sehen, so würde uns das alsbald als etwas auffallen, was dem Naturlauf zuwider ist. Wir haben, um uns davon zu überzeugen, ein besseres Mittel als die Phantasiegemälde eines WELLS: wir können diese verkehrte Welt *sehen*. Wir brauchen dazu nur einen Kinoapparat und ein Filmband, auf dem irgendwelche Bewegungsvorgänge aufgenommen sind, z. B. der Sprung oder der Sturz eines Pferdes, ein Wassertropfen, der in einen Teich fällt, das Herabfallen einer Stein- oder Sandmasse usw. Drehen wir dann die Kurbel im umgekehrten Sinne, so kann man unmöglich den Eindruck der Fremdartigkeit wiedergeben, den der Anblick dieser Bilderfolge hervorruft. Das ist sogar nicht mehr Zauberei, sondern entweder mehr oder weniger; es ist eine offenbar unsinnige Welt, die mit der uns bekannten gar keine Ähnlichkeit hat.

Gewiß ist der Eindruck weniger fremdartig, wenn wir auf diese Weise eine laufende Maschine betrachten: eine Lokomotive wird ganz einfach den Eindruck machen, als führe sie rückwärts, und ein dermaßen umgekehrter Vorgang scheint unser Wirklichkeitsgefühl nicht zu verletzen. Achten wir jedoch auf den Schlot, so sehen wir, daß der Rauch nicht aus ihm austritt und sich zerstreut, sondern daß er sich in der Ferne bildet, näher kommt, sich zusammenballt und sich schließlich in den Schlot stürzt, ein Vorgang, der uns gewiß als unmöglich erscheint. Wir können uns übrigens klar machen, daß auch die Ähnlichkeit, die zwischen einem Teil des umgekehrten Vorgangs und dem Rückwärtsfahren der Maschine besteht, nur eine scheinbare ist und lediglich auf der Unvollkommenheit unserer Sinne beruht. So gut auch die verschiedenen Teile des Mechanismus geölt sein mögen, so reiben sie sich doch etwas aneinander, ebenso reiben sich die Räder an den Schienen; dadurch erwärmen sich alle diese Teile, und die Wärme zerstreut sich in die Luft. Übrigens ist allgemein bekannt, daß die Reibung der Laufräder an den Schienen eine der wesentlichen Bedingungen des Vorganges bildet; die Maschine

gleitet, wenn die Reibung ungenügend ist. Könnten wir nun diese Molekularvorgänge *sehen*, so wie wir den Rauch sehen, so würde die umgekehrte Folge der Bilder von der fahrenden Lokomotive uns ebenso überraschen wie das, was an der Mündung des Schlothes vor sich geht.

Es ist klar, daß die soeben gemachte Bemerkung ganz allgemein gilt. Eine Ausnahme scheinen die Bewegungen der Himmelskörper zu bilden; wir müssen in der Tat voraussetzen, daß das Medium, worin sie sich bewegen, gar keinen Widerstand leistet; es scheint deshalb, als ließe sich das Ganze umkehren und als könnten die Planeten mit den gleichen Geschwindigkeiten aber in entgegengesetzter Richtung ihre Bahnen und dieselbe Folge von Perihelen und Finsternissen durchlaufen. Aber wahrscheinlich ist auch dies nur Schein: wo wir die Vorgänge aus größerer Nähe betrachten können, verliert sich die Illusion der Umkehrbarkeit. So spielt bekanntlich für die Erde die Flutwelle die Rolle einer Bremse, indem sie die Rotation hemmt und einen Teil der kinetischen Energie dieser Bewegung in Wärme verwandelt, die sich dann zerstreut. Auf der Erde jedenfalls kann es keinen völlig reibungslosen Mechanismus geben, und folglich gibt es auch keinen wirklich reversiblen.¹

Ganz anders verhält es sich in der reinen Mechanik: hier sind alle Bewegungen umkehrbar. Von Anbeginn an wird vermöge eines stillschweigend angenommenen Postulats die Zeitvorstellung ihrem Wesen nach völlig verändert. Die Zeit der Mechanik läuft nicht mehr immer in der gleichen Richtung gleichförmig ab; vielmehr kann man sich in ihr frei bewegen, in welcher Richtung man will, wie wir das im Raume können. Offenbar hat LAGRANGE dies gefühlt, als er behauptete, die Zeit könne als vierte Dimension des Raumes angesehen werden. Das ist eine Aussage, die zunächst durch ihre Fremdartigkeit überrascht; wir haben nämlich das unmittelbare Gefühl, daß es sich nicht so verhält, und dieses Gefühl ist, wie wir

¹ HERTZ (a. a. O., Bd. III, S. 284) unterscheidet zwischen „konservativen“ und „dissipativen“ Systemen; macht aber dabei darauf aufmerksam, daß die ersteren eine Ausnahme darstellen. Aus seiner eigenen Darstellung geht jedoch hervor, daß diese Ausnahmen unendlich selten sein müssen, da die Zahl der verborgenen Massen und ihrer Bewegungsfreiheiten unendlich groß ist gegen die Zahl der sichtbaren Massen und deren sichtbarer Koordinaten: das heißt aber, daß diese Ausnahmen in der Wirklichkeit nicht vorkommen können.

sahen, berechtigt; denn zwischen unseren Vorstellungen von der Zeit und vom Raum besteht kein wirklicher Parallelismus. Aber in der reinen Mechanik ist die Zeit tatsächlich etwas dem Raum Analoges. Dort kann die Wirkung in der Tat dem Leibnizschen Postulat gemäß „die Ursache oder ihresgleichen reproduzieren“.

H. POINCARÉ hat die geistreiche Vermutung ausgesprochen, die Form unserer Mechanik sei dem Einfluß der Himmelsmechanik zu verdanken, denn diese Wissenschaft sei zuerst vollendet worden und hätte die Geister durch die Schönheit ihres Aufbaus gefesselt. Nun erscheinen uns, wie wir soeben gesehen haben, die Bewegungen der Himmelskörper als umkehrbar; daraus würde es sich also dann erklären, daß die reine Mechanik auf dieselbe Voraussetzung gegründet wurde. Ohne diesen Einfluß bestreiten zu wollen, der sicherlich die Überzeugungen bestärkt und zur Verkennung der realen Verhältnisse verleitet hat, glauben wir doch, daß der wahre Grund tiefer liegt. Wir sehen darin eine offensichtliche Äußerung des Kausaltriebes, der allgemeinen uns innewohnenden Tendenz, die uns veranlaßt, die Gleichheit zwischen Antezedens und Konsequens zu postulieren.

Nachdem die rationelle Mechanik so von Anfang an die innere Natur der Zeit auf Grund eines kühnen Postulats verwandelt hat, gibt sie sich nachher alle Mühe, diese Zeit ganz aus ihren Aussagen verschwinden zu lassen. Zu Beginn einer Entwicklung ist man oft genötigt, eine Veränderung als Funktion der Zeit anzusetzen; aber die ständige, wenngleich häufig unbewußte, Sorge des Theoretikers ist darauf gerichtet, diese Variable hinterher zu eliminieren und das in der Zeit Veränderliche auf etwas Konstantes zurückzuführen. Wie wir aus der im ersten Kapitel angeführten Stelle (S. 30) entnommen hatten, war COURNOT sich völlig darüber klar, daß die Wissenschaft diese Reduktion fordert. Derselben Ansicht war HERTZ. „Wir betrachten es“, sagt er, „als die Aufgabe der Mechanik, aus den von der Zeit unabhängigen Eigenschaften materieller Systeme die in der Zeit verlaufenden Erscheinungen derselben und ihre von der Zeit abhängigen Eigenschaften abzuleiten“.¹ Getäuscht hat sich allerdings der große Physiker, wenn er glaubte, es genüge einfach, nach empirischen Regeln, also nach Gesetzen zu suchen, um zu solchen Schlußfolgerungen getrieben zu werden. Diese Über-

¹ HERTZ, a. a. O. S. 162.

zeugung ist bei ihm eine logische Folge seines Systems. HERTZ wollte bekanntlich ganz und gar den Kraftbegriff vermeiden und die Mechanik allein auf Masse und Bewegung zurückführen. Die Massen sind miteinander und vor allem mit den verborgenen Massen durch starre Verbindungen verknüpft. Die Existenz dieser Verbindungen faßt HERTZ als ein Gesetz auf, und da die Gesetze sich nicht mit der Zeit ändern, so müssen auch die Verbindungen von der Zeit unabhängig sein.¹ Aber diese Verbindungen erscheinen ihm gleichzeitig als Eigenschaften, und daraus schließt er, wie wir eben sahen, daß mit den Gesetzen auch zugleich von der Zeit unabhängige Eigenschaften gefunden werden. Offenbar ist das eine einfache Folge des Irrtums, dessen Ursprünge wir im ersten Kapitel (S. 30 f.) auseinandergesetzt haben. Von Prinzipien, die den Hertzschen durchaus entgegengesetzt sind, geht OSTWALD aus; denn er betrachtet jede Zurückführung der Naturerscheinungen auf Mechanismen als gänzlich unmöglich; trotzdem behauptet auch er, daß das Suchen nach Gesetzen dasselbe sei wie das nach einer Invariante, d. h. nach einer Größe, die unverändert bleibt, während alle anderen innerhalb der ihnen möglichen Grenzen variieren; aus dem Zusammenhang, in dem als Beispiel solcher Invarianten Masse und Gewicht angeführt werden, sieht man, daß OSTWALD vor allem an Größen denkt, die zeitlich unveränderlich sind und uns deshalb als Wesen oder Substanzen erscheinen können.² Aber diese Frage bedarf einer genaueren Erörterung.

Wir haben gesehen (Kap. I, S. 25 f.), daß die Wissenschaft reiner Gesetzmäßigkeiten die Dinge und die Gesetze in bezug auf die Zeit nicht in gleicher Weise behandelt; diese werden als unwandelbar angenommen, während jene sich verändern können. Da das Ziel der Gesetzeswissenschaften die Voraussicht ist, so muß sie, scheint es, in erster Linie die Veränderung des Objekts in der Zeit untersuchen, und die natürlichste Form des Gesetzes ist diejenige, die angibt, wie sich ein Vorgang als Funktion der Zeit abspielt. Im ersten Kapitel haben wir Beispiele für derartige Gesetze angeführt. Betrachten wir noch einmal dasjenige der radioaktiven Stoffe, das deshalb besonders lehrreich ist, weil die Erscheinung grundlegend ist und ihre zeitliche

¹ Daselbst, S. 90, 161, 199, 202.

² OSTWALD, *La déroute de l'atomisme contemporain*, *Revue générale des sciences*, Bd. VI, S. 954.

Änderung von allen äußeren Umständen unabhängig zu sein scheint. Sprechen wir also aus, daß die Radioaktivität der Radiumemanation in 3,70 Tagen auf die Hälfte herabsinkt, so stellen wir eine Veränderung als Funktion der Zeit fest. Wir behaupten, daß, wenn wir irgendwo zufällig den Stoff beobachten, den man Radiumemanation nennt, dieser nicht in zwei aufeinanderfolgenden Augenblicken unverändert bleiben kann, sondern sich vom einen zum anderen in einer bestimmten Weise verändern muß. Gibt es nun etwas, das bei dieser Veränderung des Körpers konstant bleibt? Gewiß! Konstant bleibt das Gesetz, wonach die Veränderung erfolgt, oder wenn man will, die Beziehung zwischen der Veränderung und der Zeit. Es besteht durchaus kein Widerspruch zwischen dieser Konstanz und der ständigen Veränderung, die wir für den Körper festgestellt haben, vielmehr schließt die Konstanz der Beziehung die Veränderung in sich, da ja das zweite Glied der Beziehung die Zeit ist, die ihrem Wesen nach immer gleichförmig in derselben Richtung abläuft.

Gehen wir nun zu einem sichtbaren Bewegungsvorgang über, etwa zum freien Fall eines Körpers im leeren Raum. Wir können damit beginnen, die Strecken zu messen, die ein Körper von der Ruhe ausgehend passiert; wir werden dann die Regel aufstellen können, daß diese Strecken den Quadraten der Zeiten proportional sind, die seit dem Beginn der Bewegung verflossen sind.¹ In dieser Form ist das Gesetz demjenigen über die Radiumemanation genau analog: sagt aus, daß eine Beziehung erhalten bleibt, deren zweites Glied die Zeit ist; darin ist folglich der Begriff der Veränderung mit eingeschlossen.

Aber wir können das Gesetz auch noch in einer anderen Form darstellen. Anstatt die durchlaufenen Strecken zu ermitteln, benutzen wir jetzt einen etwas abstrakteren Begriff und bestimmen die Geschwindigkeit, die der Körper in einem gegebenen Augenblick seines Falles erreicht hat. Auch diesmal werden wir natürlich feststellen, daß eine Beziehung konstant bleibt (denn darin besteht ja gerade das Wesen des Gesetzes), und indem wir die Zeit als zweites Glied

¹ Aus der Arbeit von WOHLWILL (a. a. O., XIV, S. 402) kann man übrigens entnehmen, daß diese Form einer einfachen Änderung in der Zeit diejenige ist, in der GALILEI das Fallgesetz zuerst aufgefaßt hatte.

der Relation beibehalten, werden wir sagen, daß die Geschwindigkeit proportional mit der abgelaufenen Zeit zunimmt.

Führen wir noch für die Zunahme der Geschwindigkeit in der Zeiteinheit einen besonderen Ausdruck ein, den wir *Beschleunigung* nennen, so können wir den Satz aussprechen, daß die Beschleunigung konstant ist.

Es hat den Anschein, als hätten wir bei diesen z. T. rein terminologischen Umformungen nur dem Bedürfnis genügt, unseren Ausdruck kürzer zu gestalten, damit er leichter zu behalten sei. Sehen wir jedoch einmal näher zu, was aus diesem Ausdruck „Beschleunigung“ wird! Offenbar stellt er einfach eine Beziehung dar, und zwar eine sehr abstrakte Beziehung, nämlich die Differenz zweier Geschwindigkeiten, dividiert durch einen Zeitwert. Da der Begriff der Beschleunigung (wie das übrigens auch seine Etymologie beweist) von dem der Geschwindigkeit abgeleitet ist, so beruht er wie dieser letzten Endes auf dem der Zeit und enthält also implizite auch die Vorstellung der Veränderung in der Zeit und als Funktion der Zeit. Da wir indessen von diesem Ausdruck feststellen können, daß er gerade in der Zeit konstant ist, so machen wir ihn zum Attribut eines anderen Begriffes, den wir *Kraft* nennen und der nicht mehr eine einfache Beziehung, sondern ein Ding darstellt, etwas Wirkliches — beachten wir das wohl —, das wir nur aus dieser einen Äußerung kennen; denn die Kraft ist ihrer Definition nach weiter nichts als die Ursache der Beschleunigung. Beachten wir auch, daß dieses neue von uns geschaffene Ding sich von allen Dingen des gemeinen Menschenverstandes dadurch unterscheidet, daß es nicht in der Zeit einer Evolution unterliegt, sondern konstant bleibt. Also hat uns bei den Umformungen, die wir vorhin vorgenommen haben, nicht nur der Wunsch nach Vereinfachung geleitet, sondern wiederum die Tendenz, eine Beziehung zu verdinglichen, damit nicht nur das Gesetz, sondern auch der Gegenstand erhalten bleibt; das aber ist, wie wir wissen, der wahre Sinn der kausalen Tendenz. Beherrscht von dieser Tendenz ziehen wir für unsere Gesetze eine Form vor, bei der die Veränderung nicht als direkt abhängig vom Zeitablauf erscheint, m. a. W. wir suchen die Zeit aus unseren Formeln zu eliminieren.

Daher kommt es, daß die direkte Formel für das Gesetz in Abhängigkeit von der Zeit, obwohl sie unter dem Gesichtspunkt der

Voraussicht die natürlichste wäre, sich nur selten in der Wissenschaft findet und um so seltener, je „rationaler“ die Wissenschaft ist. Bei unseren Beobachtungen und Experimenten, vor allem aber bei den Überlegungen über diese werden wir von dem beständigen und mächtigen Trieb nach der *Ursache* beherrscht, d. h. nach der Erhaltung der Gegenstände in der Zeit.

Nirgends vielleicht tritt dieses Bestreben so deutlich hervor, wie in der Entwicklung der Chemie. Nehmen wir einen Stoff, den man im XVIII. Jahrhundert *Quecksilberkalk* oder *Quecksilberpräzipitat per se* nannte. Wir erhitzen ihn und bemerken, daß sich im Hals des Gefäßes Tröpfchen einer metallischen Flüssigkeit absetzen. Das kommt daher, sagten die Chemiker, daß das Phlogiston sich mit dem Kalk verbunden und dadurch einen Stoff gebildet hat, den wir metallisches Quecksilber nennen und der phlogistisierter Quecksilberkalk ist. Die Entdeckung, daß die Reaktion von dem Auftreten eines Gases begleitet wird, änderte ihre Erklärung nicht wesentlich; die „Phlogistiker“ und unter ihnen die Entdecker des Gases, PRIESTLEY und SCHEELE, betrachteten diese Erscheinung als etwas Sekundäres und bildeten dafür *Hilfshypothesen*.

Worin bestand nun die fragliche „Erklärung“? Ihr wollt wissen, so sagte man, warum dieser rote pulverförmige Stoff metallisch wird? Nun, das kommt daher, daß das Phlogiston, das hinzutreten ist, die Fähigkeit hat, den Körpern gerade diese metallischen Eigenschaften zu verleihen. Freilich trägt das Phlogiston diese Eigenschaften nicht immer zur Schau: das liegt daran, daß es sich manchmal in einem besonderen Zustand befindet; sobald es sich aber mit gewissen Stoffen vereinigt, treten diese Eigenschaften hervor. Das Phlogiston, das schon vorher da war, hat nur seinen Ort verändert, indem es sich mit dem Quecksilberkalk vereinigte. Wir können diese Erklärung zusammenfassen, indem wir sie in Form einer Gleichung ausdrücken:



In Wirklichkeit allerdings stellten die Phlogistiker keine solche Gleichung auf, denn der Gebrauch der Gleichungen beginnt in der Chemie erst etwas später. Aber sie drückt deswegen nicht weniger ihren Gedanken aus, und die modernen Chemiker haben sich oft dieser Methode bedient, wenn sie sich bemühten, die Vorstellungen

ihrer Vorgänger zu erfassen und zu präzisieren. Der allgemeine Sinn der Erklärung war also sicher dieser: durch die Reaktion wird nichts Neues geschaffen und geht auch nichts verloren; das rote Quecksilber und das Phlogiston, die beide vorher vorhanden waren, bestehen im metallischen Quecksilber weiter, und diese so gründliche Veränderung war in Wirklichkeit nur eine Ortsveränderung.

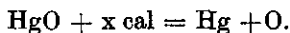
Um diese Ansichten zu widerlegen, macht LAVOISIER darauf aufmerksam, daß das Gewicht eine permanente Eigenschaft der Körper ist, die niemals verschwindet; wir haben also ein unfehlbares Kennzeichen dafür, ob wirklich etwas hinzugetreten ist. LAVOISIER stellt nun mit Hilfe der Wage fest, daß der Quecksilberkalk schwerer ist als das metallische Quecksilber, das nach dem Versuch gesammelt wird, und daß die Differenz sich ungefähr im Gewicht des erzeugten Gases wiederfindet. Daraus folgt logisch, daß man die Glieder der Beziehung vertauschen muß, welche die Phlogistontheorie aufgestellt hatte; der einfache Körper, das Element, das ist das metallische Quecksilber, der Quecksilberkalk aber entsteht aus einer Verbindung des metallischen Quecksilbers mit dem Gas, das LAVOISIER *oxygène* (Sauerstoff) nannte. In Form einer Gleichung sieht diese Deutung so aus:



und diese bietet gegenüber der vorhergehenden den unschätzbaren Vorteil, daß sie die Gewichte berücksichtigt, daß sie, wie man sagt, quantitativ ist. Gemäß einer präzisen Übereinkunft bezeichnen nämlich die Symbole, die wir benutzt haben, nicht nur die Stoffe, sondern auch ganz bestimmte Gewichtsmengen von diesen Stoffen, und die Gleichung bedeutet dann, daß 216 Gramm Quecksilberoxyd 200 Gramm metallisches Quecksilber und 16 Gramm Sauerstoff liefern. Dadurch ist also die Identität zwischen Antezedens und Konsequens noch genauer geworden: nicht nur waren das metallische Quecksilber und der Sauerstoff in dem Oxyd bereits vorhanden — es sind ja seine „Komponenten“ — sondern sie waren auch in ganz bestimmten Mengen vorhanden, denselben, in denen wir sie nach der Trennung erhalten haben.

Später hat man bemerkt, daß die Zersetzung des Quecksilberoxyds noch von einem anderen Vorgang begleitet wird, nämlich von der Absorption einer bestimmten Wärmemenge. Man stellte fest, daß dies eine ziemlich allgemeine Erscheinung ist, daß mit Aus-

nahme gewisser ziemlich gut erklärbarer Fälle die Stoffe Wärme abgeben, wenn sie sich verbinden, und Wärme absorbieren, wenn sie sich trennen. Es gelang, diese Wärme zu messen (sie wird bekanntlich in Kalorien ausgedrückt), und man erkannte, daß sie durchaus ein charakteristisches Merkmal der Reaktion bildete.¹ Wir können daher die obige Gleichung folgendermaßen ergänzen:



Wir haben drei verschiedene Gleichungen hingeschrieben; und doch stellen sie alle ein und denselben Vorgang dar. Freilich könnte man die erste ganz ausschalten, indem man sie für falsch erklärt, da wir ja nicht mehr an die Existenz des Phlogiston glauben. Das wäre jedoch unrecht; denn wir haben gesehen, daß die fragliche Theorie eine sehr annehmbare Deutung des Vorganges lieferte, so wie er damals beobachtet worden war. Man hat sogar mit Recht darauf hingewiesen, daß zwischen den neuesten Ansichten und denen der Phlogistiker eine gewisse Analogie besteht. Diese fühlten sehr gut, daß man zu dem Quecksilberkalk ein „Prinzip“ hinzufügen müsse, um metallisches Quecksilber zu erzeugen, und daß dies eine allgemeine Bedingung sei. Die Tatsache, daß man in vielen Fällen fast ganz richtige Aussagen erhält, wenn man den Ausdruck „Phlogiston“ durch „Energie“ ersetzt, ist kein bloßer Zufall.²

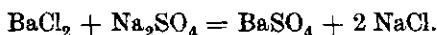
Die drei Gleichungen beschreiben den Vorgang immer besser und näher. Aber alle drei sind *Gleichungen*, d. h. sie sollen eine Beziehung der Gleichheit zwischen den Ausdrücken herstellen, die den früheren und den späteren Zustand innerhalb des Vorgangs bezeichnen. Je weiter die Erklärung fortschreitet, um so vollkommener wird die Identifikation.] Zu Anfang bezieht sie sich nur auf die qualitative Seite des Vorgangs und ermangelt der Präzision, der zahlenmäßigen Grundlage; darauf folgen die quantitativen Überlegungen und endlich werden auch die thermischen oder energetischen Veränderungen

¹ Der Leser möge diese etwas schematische und insofern ungenaue Darstellung entschuldigen. LAVOISIER hat seine kalorimetrischen Untersuchungen über die chemischen Reaktionen zu einer Zeit begonnen, als er noch seine anderen Arbeiten weiter verfolgte. Indessen hat man sich tatsächlich erst sehr viel später allgemeine Vorstellungen über die Rolle gebildet, die die Wärme bei den chemischen Reaktionen spielt. — Selbstverständlich muß man, um das Quecksilber vom Sauerstoff zu trennen, noch die Verdampfungswärme dieses Gases hinzufügen.

² Vgl. HELM, *Die Lehre von der Energie*, Leipzig 1887, S. 7.

„erklärt“, d. h. sie werden von der Gleichheit des Antezedens mit dem Konsequens umfaßt.

Kann man in diesem Falle behaupten, daß die Erfahrung uns die Gleichheit unmittelbar nahe legt? Klingt es nicht im Gegenteil paradox, wenn man sagt, daß ein flüssiges Metall und ein farbloses Gas zusammen dasselbe seien wie ein rotes Pulver? OSTWALD ist jedenfalls dieser Ansicht. Es handelt sich, sagt er, nicht um eine wirkliche Gleichheit, sondern nur um Stoffe, die einander bei gewissen Vorgängen ersetzen können, ohne daß das Ergebnis dadurch verändert wird.¹ Man würde wohl in ziemliche Verlegenheit geraten, wenn man den Vorgang angeben sollte, bei dem Quecksilber und Sauerstoff einerseits und Quecksilberoxyd andererseits sich unter diesen Bedingungen vertreten könnten, es sei denn, man griffe auf den Vorgang selbst zurück, der in der Gleichung dargestellt werden sollte. Trifft es denn aber zu, daß man bei der Aufstellung dieser Gleichung an eine solche Substitution gedacht hat? Versetzen wir uns in die Zeit zurück, da diese Ausdrucksweise entstanden ist und sich entwickelt hat! Sehen wir dabei ganz von den neueren Theorien über das chemische Gleichgewicht und von dem ab, was die Ansichten BERTHOLLETS etwa im Keime enthalten haben mögen, die ja bekanntlich in dieser Hinsicht auf den Gang der wissenschaftlichen Entwicklung so gut wie ohne Einfluß geblieben sind. Wir schreiben



Es ist nicht zu bestreiten, daß eine Reaktion dieser Art, die sich schnell und vollständig vollzieht, sobald die Stoffe, deren Symbole auf der linken Seite stehen, unter geeigneten Bedingungen zusammengebracht werden, sozusagen die typische Reaktion darstellte. Dabei war in keiner Weise die Rede davon, daß Bariumsulfat und Natriumchlorid zusammen ihrerseits Natriumsulfat und Bariumchlorid ergäben; im Gegenteil, diese Annahme wäre jedem Chemiker als paradox erschienen. Überall und immer wurde stillschweigend angenommen, daß die linke Seite den Ausgangspunkt und die rechte das Ergebnis der Reaktion bezeichne. In Wirklichkeit meint also die Gleichung den dynamischen Ablauf eines Vorgangs und,

¹ W. OSTWALD, *Vorlesungen über Naturphilosophie*, 2. Aufl., Leipzig 1902, S. 114, 225—226.

entgegen dem äußeren Schein, nicht eine Äquivalenzbeziehung zwischen zwei statischen Zuständen. Das trifft in solchem Grade zu, daß VAN'T HOFF bei seinen Untersuchungen über die Gleichgewichtszustände das Zeichen $=$ durch \rightleftharpoons ersetzt hat, um damit auszudrücken, daß die Reaktion sich in beiden Richtungen vollziehen kann; denn das Gleichheitszeichen hatte unwiderruflich die Bedeutung eines Ablaufs in der Richtung von links nach rechts erhalten.¹

Wenn dem aber so ist, wie kommt es dann, daß man geglaubt hat, sich des fraglichen Zeichens bedienen zu können? Ein Pfeil \rightarrow hätte doch offenbar den Sinn der Beziehung sehr viel besser wiedergegeben. Und wie erklärt es sich, daß der Ausdruck *Gleichung*, der doch in diesem Falle so ungeeignet ist, uns dennoch nicht stört? Das liegt daran, daß wir jenseits und hinter dem sichtbaren Vorgang etwas anderes zu erkennen glauben: wir glauben oder wir wollen wenigstens glauben, daß, wenn wir die Gesamtheit der Antezedentien mit einem Blick umfassen und ihre innere Natur erkennen könnten, sie sich als gleich, ja als identisch mit der Gesamtheit der Konsequenzen herausstellen würde.

Zur Unterstützung dieser Ansicht können wir uns übrigens auf die Autorität des Mannes berufen, auf den die ganze Denkweise der modernen Chemie zurückgeht. In seinem *Traité élémentaire de chimie* hat LAVOISIER das niedergeschrieben, was man die erste wirkliche chemische Gleichung nennen kann, und er hat mit der Klarheit, an die man bei ihm gewöhnt ist, den Sinn erklärt, den er dieser Formel zuschrieb.

Nachdem er ausgesprochen hat, daß „nichts geschaffen wird, weder in den künstlichen Vorgängen noch in denen der Natur“ und daß „man es als Prinzip aufstellen kann, daß bei jedem Vorgang vorher und nachher eine gleiche Menge Materie vorhanden ist“, fügt er hinzu: „Auf diesem Prinzip beruht die ganze Experimentierkunst in der Chemie: man muß bei jedem Versuch eine wirkliche Gleichheit oder Gleichung voraussetzen zwischen den Prinzipien des untersuchten Körpers und denen, die man durch die Analyse daraus

¹ JEAN PERRIN hebt mit Recht hervor, daß die Nichtumkehrbarkeit einen integrierenden Teil des Begriffs eines chemischen Vorgangs zu bilden schien und daß die Erscheinung als eine physikalische angesehen wurde, sobald Umkehrbarkeit vorlag (*Traité de chimie physique*, Paris 1903, S. 10 f.).

erhält. So gibt z. B. Traubenmost gasförmige Kohlensäure und Alkohol; ich kann also sagen, daß

$$\text{Traubenmost} = \text{Kohlensäure} + \text{Alkohol}^{1.}$$

Für LAVOISIER drückt also die Gleichung tatsächlich die völlige Gleichheit, die Identität zwischen dem Antezedens und dem Konsequens in einer chemischen Reaktion aus.

„In voller Klarheit, sagt POINSOT, erkennen wir nur ein einziges Gesetz, das der Konstanz und der Gleichförmigkeit. Auf diesen einfachen Gedanken suchen wir alle anderen zurückzuführen, und allein in dieser Zurückführung besteht für uns die Wissenschaft“.² Nichts Wahreres und Tieferes könnte gesagt werden; das rein empirische Gesetz erscheint sowohl den Dingen wie unserem Geist gegenüber als etwas Äußerliches und Undurchsichtiges. Nur die Regeln, die eine Identität behaupten, aus einer solchen folgen oder zu ihr führen, erscheinen uns als dem Wesen der Dinge und gleichzeitig unserem Verstande angemessen, als begreiflich; es sind die einzigen, die wir „in voller Klarheit“ erkennen. Und man sieht auch, daß die Wissenschaft, wie sie der große Mathematiker hier definiert, ganz etwas anderes ist als eine Sammlung von empirischen Regeln. Sie ist das Streben des Geistes nach dem Begreifen, des *Verstandes* nach dem *Verstehen* der Dinge; dieses Streben ist eine normale Funktion des Verstandes und kann nicht anders zum Ziel gelangen als mittels des Prinzips der Identität in der Zeit.

So bilden also die chemischen Gleichungen einen Ausdruck für die Tendenz, die Dinge in der Zeit zu identifizieren, man kann auch sagen, die Zeit zu *eliminieren*. Stellen wir uns nämlich vor, der Prozeß der Identifikation ginge weiter und wir kämen wirklich dazu, den ganzen Vorgang auf die Form einer Gleichung zu bringen, d. h. Antezedens und Konsequens vollständig zu identifizieren; dann hätte alles sich erhalten, alles wäre in seinem Zustand geblieben;

¹ LAVOISIER, *Oeuvres*, Bd. I, S. 101.

² L. POINSOT, *Éléments de statique suivis de quatre mémoires etc.*, 10. Aufl., Paris 1861, S. 239. Die Fortsetzung schwächt die Bedeutung dieser Stelle ab. POINSOT beschränkt darin das Forschen auf die Suche nach der Konstanz der *Beziehung*. Unserer Ansicht nach ergibt sich jedoch aus dem Inhalt der im Text angeführten Sätze, daß er zuerst die ganze Tragweite seiner Behauptung geahnt hat; wahrscheinlich ist aber bei dem Versuch, sie zu präzisieren, sein Denken auf einen Abweg geraten infolge einer ähnlichen Verwechslung, wie wir sie auch bei HELMHOLTZ und bei HERTZ nachgewiesen haben (vgl. oben S. 32 und S. 225).

das würde bedeuten, daß die Zeit gar keinen Einfluß ausgeübt hat. Freilich wissen wir im Voraus, daß diese vollständige Identifikation unmöglich ist. Aber wenigstens teilweise können wir mit Hilfe unserer Gleichungen bestätigen, daß es sich in der Tat so verhält. Die elementaren Stoffe, die vor dem Vorgang da waren, bestehen auch nachher weiter; in dieser Hinsicht hat keine Änderung stattgefunden. Das Gewicht ist gleichfalls dasselbe geblieben: auch hier hat sich nichts geändert. Endlich ist auch die Energie erhalten geblieben. Kurz, soweit unsere Erklärung reicht, *ist nichts geschehen*. Und da der Vorgang nur eine Veränderung ist, so wird klar, daß wir ihn in dem Maße zum Verschwinden bringen, wie wir ihn erklären. Jeder erklärte Teil eines Vorganges ist ein negierter Teil.

Es bleiben allerdings die Erscheinungen der Ortsveränderung. Wie wir gesehen haben, genießen sie durch ihre Natur das Vorrecht, daß wir sie nach Belieben bald als etwas ansehen können, was eine Veränderung impliziert, bald als etwas, worin die Identität erhalten bleibt. Gerade auf dieser Besonderheit ruht ja überhaupt die Möglichkeit einer kausalen Identifikation, und auch bei unseren Gleichungen haben wir weiter nichts getan, als dieses Mittel zu benutzen; denn wir nahmen an, daß die elementaren Massen und die Energie ihren Platz wechselten und dabei doch mit sich selbst identisch blieben. Dabei blieb übrigens die Natur dieses Ortswechsels unbestimmt; diese Unbestimmtheit ist allerdings offenbar eine durchaus vorläufige; wollten wir nämlich mit unserer Erklärung tiefer in die Erscheinung eindringen, wollten wir ihren Mechanismus erforschen, so müßten wir nähere Angaben über die molekularen Bewegungen machen, d. h. wir müßten etwas über die Ortsveränderung aussagen. Wir haben das nur einfach deswegen vermieden, weil die Erklärung der chemischen Erscheinungen noch nicht weit genug gediehen ist; man könnte auch sagen, die Chemie sei noch nicht genügend weit fortgeschritten, um echte mechanische Erklärungen zu erlauben; es kann aber kein Zweifel bestehen, daß die universelle Mechanistik derartige Erklärungen fordert. Indessen war uns diese vorläufige Unbestimmtheit bei unserem Beweis von Nutzen; denn sie hat uns ermöglicht, die Identität zwischen Antezedens und Konsequens deutlicher hervortreten zu lassen.

Die Sache scheint nämlich etwas schwieriger zu werden, wenn wir uns der Wissenschaft von der Bewegung selbst, also der Mechanik

zuwenden. Hier haben wir es mit dem Grundphänomen zu tun, demjenigen, worauf die erklärende Wissenschaft alle anderen zurückzuführen bestrebt ist; kann man auch von ihm sagen, daß die Wissenschaft die Tendenz hat, es zu leugnen?

Ist indessen die Analyse richtig, die wir durchgeführt haben, ist die mechanische Erklärung nicht Selbstzweck, sondern nur Mittel und beruht der Erklärungswert der Theorien wirklich darauf, daß sie unseren Kausaltrieb befriedigen, so ist es klar, daß auch die Art, wie der bewegte Körper behandelt wird, davon beeinflußt sein muß. Und man kann voraussehen, daß die rationale Wissenschaft von den zwei Seiten, die der Bewegungsbegriff darbietet, — Erhaltung einerseits, Veränderung andererseits — vor allem die erste hervorzuheben bestrebt sein wird.

Kehren wir noch einmal zu den drei Erhaltungsprinzipien zurück! Das von der Masse betrifft sozusagen nicht die Mechanik, denn es steht durch Definition fest, daß die Erscheinungen, mit denen sich diese Wissenschaft beschäftigt, jede Umwandlung der Materie ausschließen. Aber das Energieprinzip ist zum Teil mechanisch, und das der Trägheit ist es ganz und gar. Diese beiden Sätze beherrschen diesen Teil der Wissenschaft vollkommen, und die betreffenden Erscheinungen werden vorzugsweise unter dem Gesichtspunkt der beiden Prinzipie behandelt. Ein Stein war aufgehängt; er hat sich losgemacht und fällt herab: das liegt daran, daß seine Energie, die zuvor potentiell war, sich in kinetische verwandelt hat; aber die Energie war vorher da und ist noch immer vorhanden. Ich habe einen Stein in die Luft geworfen, er hat sich zuerst mit einer gewissen Geschwindigkeit bewegt, diese hat sich allmählich verringert bis zum völligen Stillstand, dann hat der Stein begonnen zu fallen und fiel mit immer zunehmender Geschwindigkeit; aber man belehrt mich, daß während der ganzen Zeit, in der sich dieser so wechselvolle Vorgang abgespielt hat, etwas unverändert geblieben ist, und zwar gerade das, was seinen wesentlichsten Inhalt ausmachen soll, nämlich die Energie; denn in jedem Augenblick hatte die Summe aus kinetischer und potentieller Energie denselben Wert. Eine Kanonenkugel fliegt mit großer Geschwindigkeit vorüber; das scheint eine klar bestimmte stetige Veränderung zu sein. Zweifellos, sagt die Wissenschaft, wenn wir diese Bewegung als Änderung der Lage in bezug auf die umgebenden Körper auffassen. Stellen wir uns aber

ein Wesen vor, das auf dieser Kanonenkugel sitzt, so wird es glauben in Ruhe zu sein, wie uns unser Gefühl das auch auf der Erde sagt; solange die Bewegung gleichförmig und geradlinig ist, existiert sie für dieses Wesen nicht. Man sagt im allgemeinen, daß das Trägheitsprinzip die Vorstellung der Ruhe beseitigt, und wir selbst haben es auch unter diesem Gesichtspunkt betrachtet; in Wirklichkeit findet aber zwischen Ruhe und Bewegung eine gegenseitige Angleichung statt, und man kann mit demselben Recht behaupten, daß die Bewegung beseitigt wird; denn man wendet nun unmittelbar und sozusagen instinktiv auf die gleichförmige Bewegung all die Normen an, die unser Geist für die Ruhe aufgestellt hatte. „Die Trägheit“, sagt HERMANN COHEN sehr mit Recht, „schließt die Bewegung nicht ein; soll sie vielmehr in einem gewissen Sinne ausschließen“.¹

Daß die Bewegung an sich betrachtet unbegreiflich ist, wie übrigens jede andere Veränderung auch, das zeigen deutlich die Überlegungen oder, wenn man lieber will, die Paradoxa der Eleaten, insbesondere diejenigen, die unter den Namen *Achilles und die Schildkröte* und *der fliegende Pfeil* bekannt sind. Es ist unbegreiflich, wie Achilles jemals die Schildkröte einholen sollte, und ebenso unbegreiflich, wie der Pfeil, der in einem gegebenen Augenblick einen bestimmten Ort einnimmt, diesen je verlassen kann. Man behauptet im allgemeinen, daß diese Paradoxa daher kommen, daß wir das aktual Unendliche und folglich auch das Stetige nicht erfassen können, weil unsere Vernunft nur das Diskrete begreift. Ohne näher auf diese Frage einzugehen, die zu weit von unserem Thema abliegt, wollen wir nur bemerken, daß unser Verstand sich gegen die Vorstellung des Stetigen nicht zu sträuben scheint, solange die Bewegung nicht ins Spiel kommt. In der Geometrie erscheint uns der Körper durchaus als stetig, desgleichen die Fläche als Begrenzung des Körpers und die Linie als Begrenzung der Fläche. Die Schwierigkeiten des Stetigkeitsbegriffs treten erst mit der Bewegung auf. — Immerhin ist es möglich, daß diese Schwierigkeiten für uns etwas geringer sind, als sie für die Griechen waren; so erfordert es eine gewisse Anstrengung von uns, den Sinn des Argumentes vom fliegenden Pfeil zu verstehen, denn uns scheint er, auch wenn er an einem bestimmten Orte ist, eine gewisse *Geschwindigkeit* bewahrt

¹ HERMANN COHEN, *Logik der reinen Erkenntnis*, Berlin 1902, S. 206.

zu haben. Es sind das Denkgewohnheiten, die der Begriff der Trägheit in uns erzeugt hat (vgl. S. 155 f) und die durch die Infinitesimalrechnung zweifellos verstärkt worden sind. Man hat gesagt, die Infinitesimalrechnung sei der Versuch, die Stetigkeit mittels des Diskreten zu erfassen. Diese Bemerkung ist sehr richtig, man muß aber hinzufügen, daß in diesem Kalkül das Stetige immer als ein durch Bewegung Werdenendes erscheint. Diese Bewegung wollen wir erfassen, indem wir sie unstetig machen und sie in kleine unteilbare Phasen zerlegen, die ebensovielen Ruhezustände sind. Es besteht also hier eine gewisse Analogie zwischen dem Verfahren des Mathematikers und dem des Physikers, beide führen die Bewegung auf Bewegungslosigkeit zurück.¹

Kurz: in ihrem Bemühen „rational“ zu werden ist die Wissenschaft bestrebt, die Veränderung in der Zeit mehr und mehr zu unterdrücken. Und man sieht deutlich, daß der Empirismus dabei gar keine Rolle spielen kann. Der Selbsterhaltungstrieb verlangt nämlich Voraussicht; also interessiert uns vor allem die Evolution in der Zeit, und die Hauptform des Gesetzes, der empirischen Regel scheint die sein zu müssen, worin eine Veränderung in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt wird. Aber so ist es keineswegs. Wenn man in den Wissenschaften von den organischen Wesen eine Menge Sätze findet, in denen Abhängigkeit von der Zeit vorkommt, so liegt das daran, daß diese Wissenschaften noch am Anfang ihrer Entwicklung stehen. Aber je rationaler eine Wissenschaft ist, um so seltener werden solche Sätze.

Nehmen wir einen Augenblick an, die Wissenschaft könnte wirklich dem Postulat der Kausalität zum Siege verhelfen: dann würden Antezedens und Konsequens, Ursache und Wirkung verschmelzen, ununterscheidbar und gleichzeitig werden. Und auch die Zeit selbst, deren Ablauf keine Veränderung mehr bedingt, ist ununterscheidbar, unvorstellbar, nichtexistent. Das bedeutet die Verschmelzung von Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft, ein ewig unwandelbares Weltall. Der Lauf der Welt steht still. Und natürlich ist damit zugleich, oder vielmehr noch vorher, die Ursache verschwunden. Denn von dem Augenblick an, wo sie mit der Wirkung verschmilzt, wo Identität zwischen Antezedens und

¹ Vgl. S. 95, wo wir diese Frage von einem etwas anderen Gesichtspunkt aus untersucht haben.

Konsequenz vorhanden ist, wo nichts mehr geschieht, gibt es auch keine Ursache mehr. Seinem wahren Sinne nach bedeutet, wie RENOUVIER mit Recht bemerkt hat,¹ das Kausalprinzip die Elimination der Ursache.

Das ist ein scheinbar paradoxes Ergebnis. Wir können aber mit einem Blick den durchlaufenen Weg erfassen und feststellen, daß wir unterwegs nicht irre gegangen sind, daß der Punkt an dem wir angekommen sind, durch unseren Ausgangspunkt bereits bestimmt war. Wir haben die Ursachen der Erscheinungen gesucht und zwar mit Hilfe eines Prinzips, von dem wir wissen, daß es kein anderes ist als das Prinzip der Identität, angewandt auf die Existenz der Gegenstände in der Zeit. Also kann die letzte Quelle aller Ursachen nicht anders als mit sich selbst identisch sein. Das ist aber das in Zeit und Raum unwandelbare Weltall, die Sphäre des PARMENIDES, unzerstörbar und ohne Veränderung.

Betrachtet man in Gedanken dieses erhabene Bild des großen Eleaten, so kann man sich nicht dem Eindruck der merkwürdigen Ähnlichkeit entziehen, die es mit einer ganz modernen Vorstellung aufweist, nämlich mit dem Urnebel, aus dem nach LAPLACE unser Sonnensystem entstanden sein soll. Darf man deshalb in PARMENIDES einen Vorläufer des französischen Astronomen sehen? Keineswegs. Seine Sphäre war eine rein metaphysische Vorstellung, ein ewiges Sinnbild der Welt; der Urnebel dagegen ist eine wissenschaftliche Hypothese, die sich auf einzelne Tatsachen stützt und den Anspruch erhebt, den physikalischen Zustand eines begrenzten Teiles des Weltalls in einem bestimmten Augenblick darzustellen. Und doch besteht zwischen beiden eine mehr als zufällige Ähnlichkeit. Sphäre und Urnebel sind nämlich beide kausale Vorstellungen. Nur kann die Sphäre, da sie das ganze Weltall ist, sich nicht in bezug auf den Raum verändern, sie muß also bewegungslos bleiben; der Urnebel dagegen, der nur das Sonnensystem ist, kann sich im absoluten Raum drehen. Diese Bewegung nun übernimmt die Rolle des differenzierenden Prinzips, das die Eleaten mit dem Namen *Kampf* oder *Streit* bezeichneten; sie gestattet dem Urnebel sich in der Folge zu differenzieren und durch die bloße Evolution dessen, was der Potenz nach in ihm enthalten gewesen sein

¹ RENOUVIER, *La méthode phénoméniste*, *Année philosophique*, 1890, S. 26. — Vgl. daselbst, S. 89.

muß, die ganze Reihe der Welten aus sich zu gebären. Wie WILBOIS sagt,¹ läuft die Theorie vom Urnebel auf die Behauptung hinaus, daß „die Entwicklung nur ein Schein ist, hinter dem sich das wirkliche Feststehen verbirgt“.

Der Urnebel, das letzte Glied einer Kausalkette, die wir uns auf Grund eines einzigartigen Vorrechts als vom übrigen Universum beinahe isoliert vorstellen dürfen, ist ganz wie die Sphäre des PARMENIDES die anschauliche Darstellung des Prinzips der Unwandelbarkeit des Seins.

Untersucht man aber die Vorstellung des PARMENIDES etwas näher, so bemerkt man, daß sich doch nicht alle charakteristischen Züge dieses Sinnbildes allein aus der Anwendung des Prinzips der Identität in der Zeit verstehen lassen. Ein wesentlicher Zug bleibt dabei unerklärt. Das werden wir im nächsten Kapitel untersuchen.

¹ WILBOIS, *L'esprit positif*, Revue de métaphysique, Bd. X, 1902, S. 334.

SIEBENTES KAPITEL

Die Einheit der Materie

PARMENIDES stellte sich die Welt als eine materielle Sphäre vor, und zwar dachte er sie sich offenbar überall aus demselben Stoff bestehend. M. a. W., er behauptete zugleich mit der wesenhaften Unwandelbarkeit auch die Einheit des materiellen Seins.¹

Diese Ansicht finden wir in den meisten atomistischen Systemen wieder. KANADA hat, scheint es, sich seine Atome verschieden vorgestellt; aber bei den Jainas bestehen sie aus einem einheitlichen Stoff, der mit sich selbst stets identisch ist.² LEUKIPP und DEMOKRIT haben sich über diese Frage sehr deutlich ausgesprochen. „Wenn sie sich auch durch ihre Gestalt unterscheiden“, sagt ARISTOTELES, wo er die Atome nach der Lehre dieser beiden Philosophen beschreibt, „so haben sie doch, nach dem, was man uns sagt, nur einen und denselben Stoff, ganz so, wie wenn jedes von ihnen z. B. ein besonderes und getrenntes Stückchen Gold wäre.“³ Die griechischen Atomisten der späteren Zeit haben ständig die Lehre der Meister bewahrt. Aus einer Stelle bei GALEN, der selbst ein Gegner der atomistischen Theorien war, wissen wir, daß man zu seiner Zeit die Einheit der Materie als integrierenden Bestandteil dieser Lehren ansah.⁴ Im Mittelalter unter der unumschränkten Herrschaft des Aristotelismus war der Glaube an die Einheit der Materie so gut wie allgemein verbreitet; er lag den Theorien der Alchemisten zugrunde sowie ihren Transmutationsversuchen.⁵ Möglicherweise macht sich hierin, wie man vermutet hat, der Einfluß einer Art atomistischer Unterströmung geltend,⁶ die ja, wie wir gesehen haben, tatsächlich bestanden hat

¹ Vgl. ZELLER, *Philosophie der Griechen*. 4. Aufl. Bd. I, S. 511 ff.

² Vgl. indessen über diese Frage S. 83, Anm. 1.

³ ARISTOTELES, *De coelo*, I, 7. Vgl. daselbst IV, 2. Über den Zusammenhang zwischen der Lehre der griechischen Atomisten mit der des PARMENIDES vgl. oben S. 96 f.

⁴ GALENI, *Opera*, herausgeg. v. KÜHN, Leipzig 1821, *De elementis*, I, S. 416—417, vgl. LASSWITZ, *Geschichte der Atomistik*, Bd. I, S. 231 f.

⁵ Vgl. BERTHELOT, *Les origines de l'alchimie*, Paris 1885, S. 282 f.

⁶ Vgl. MABILLEAU, a. a. O. S. 389 f.

und aus gewissen medizinischen Schriften gespeist wurde. Wir werden aber später sehen, daß es gar nicht nötig ist, sich auf diese Hypothese zu berufen, sondern daß die Theorien des ARISTOTELES selbst zur Erklärung dieser Tendenz genügen. Seit dem Wiederaufleben der mechanistischen Theorien wird die Einheit der Materie behauptet und findet sozusagen überhaupt keine Gegner. Für DESCARTES ist es eine grundlegende und evidente Wahrheit: „Es gibt nur *einen* Stoff im ganzen Universum“.¹ Nach seiner Zeit scheint alle Welt über diesen Punkt einig zu sein. In den heftigen Polemiken, die sich um die Newtonsche Anziehungskraft entspinnen, findet sich nicht die geringste Andeutung des Einwandes, der uns Heutigen so nahe liegt: wie kann man den allerverschiedensten Stoffen eine und dieselbe Eigenschaft beilegen? Ohne Zweifel waren die Anhänger wie die Gegner der Fernwirkung gleichermaßen von der Einheit der Materie überzeugt. Die Chemiker waren derselben Ansicht, und BOYLE, ein überzeugter Anhänger der Korpuskulartheorien, verkündet laut die Einheit der Materie, die ihm als untrennbar von jenen Theorien erscheint.² Später, im XVIII. Jahrhundert entsteht eine Krisis, die sich verschärfend bis in unsere Zeit andauert und die deshalb besonders interessant ist, weil sie gewissermaßen latent und uneingestanden bleibt. Es ist nämlich, historisch betrachtet, sehr bemerkenswert, daß die Entwicklung, von der wir sprechen, sich vollzieht, ohne irgend jemandes Aufmerksamkeit zu erregen. Man sollte meinen, daß es für die Chemie nichts Wesentlicheres gäbe als den Begriff des Elements, und gerade dieser ist in vollständiger Umwandlung begriffen. Dennoch haben die Geschichtschreiber der Chemie niemals diese Umwandlung zum Ausgangspunkt einer neuen Epoche gemacht. Das liegt daran, daß sie sich ganz langsam, unmerklich und wie von selbst vollzieht; es besteht da eine äußerst machtvolle Unterströmung, deren sich aber die Vorkämpfer der damaligen Chemie gar nicht bewußt sind, von der sie sozusagen gegen ihren Willen mitgezogen werden.³ Am Anbeginn der Phlogiston-

¹ DESCARTES, *Principes*, Buch II, Kap. 23.

² BOYLE, *Works*, London 1772, Bd. III, S. 15: *I agree with the generality of philosophers so far as to allow that there is one catholic or universal matter common to all bodies.*

³ Bei KOPP, *Geschichte der Chemie*, Bd. IV passim, kann man sehen, wie langsam der Begriff der Spezifität der meisten chemischen Substanzen und besonders der Metalle herausgearbeitet wird. Vgl. auch daselbst Bd. I, S. 191—214, 219, 258.

chemie ist BECHER fest überzeugt von der Möglichkeit der Transmutation¹ und glaubt sogar ein Verfahren gefunden zu haben, um sie innerhalb gewisser Grenzen herbeizuführen². Das weist also darauf hin, daß nicht nur die Metalle, sondern auch die Metallkalke (was wir heute Oxyde nennen) ihm nicht als echte Elemente erscheinen. Er glaubte nämlich, daß es von diesen nur drei gäbe, und zwar waren es im Grunde dieselben wie bei PARACELSUS, wenn auch BECHER sie mit anderen Namen schmückt.³ Selbst STAHL, der sich als erster des Namens „Phlogiston“ bediente, bezweifelte wenigstens während des ersten Teiles seiner Laufbahn nicht die Existenz einer *Elixier* oder *Tinktur* genannten Substanz⁴, deren Haupteigenschaft in der Fähigkeit der Transmutation der Metalle bestehen sollte; er hat die Möglichkeit einer Transmutation des Bleis ausdrücklich behauptet⁵. Später hat er allerdings seine Meinung geändert und ist ein Gegner der Alchemisten geworden⁶; jedenfalls aber läßt sich nicht feststellen, daß er je erklärt hätte, daß er die Metallkalke für echte Elemente hielte.⁷ Indessen beginnt die letztere Ansicht bei seinen Nachfolgern allmählich vorzuherrschen (nachdem sie bereits im XVII. Jahrhundert durch die Schriften BOYLES⁸ vorbereitet worden war, obgleich dieser selbst, wie wir gesagt haben, an die Einheit der Materie glaubte). Sicher ist, daß sie am Vorabend der Entdeckungen LAVOISIERS⁹ bereits fest begründet war und daß die „chemische Revolution“, die dieser hervorgerufen hat, wenigstens in dieser Hinsicht auf einen vorbereiteten Boden traf. Die Erinnerung an die Elemente des ARISTOTELES, sowie an diejenigen

¹ Bei KOPP, *Die Alchemie in älterer und neuerer Zeit*, Heidelberg 1886, Bd. I, S. 67, findet man die Titel zweier Arbeiten BECHERS, worin dieser die Alchemie gegen ihre Widersacher verteidigt. Dasselbst, S. 241, steht ein Auszug aus BECHER, worin dieser behauptet, daß die „Spagyrici“ sehr wohl Gold mit Hilfe verschiedener Ingredienzien (wie Silber, Quecksilber, Schwefel usw.) herstellen können, da ja die Natur selbst auf diese Weise verfähre. Vgl. daselbst, S. 104, sowie Ders., *Geschichte*, Bd. I, S. 178.

² Vgl. bei KOPP, *Alchemie*, Bd. I, S. 144 und 147, Einzelheiten über die Verhandlungen mit den Niederländischen Ständen.

³ Daselbst, S. 67, 71; vgl. *Geschichte*, Bd. I, S. 133, Bd. II, S. 277.

⁴ KOPP, *Alchemie*, I, S. 69.

⁵ Daselbst, I, S. 71.

⁶ KOPP, *Alchemie*, I, S. 72.

⁷ Bei KOPP, *Geschichte* Bd. II, S. 278, kann man nachlesen, was für ein sonderbares Gemisch seine Ansichten in dieser Frage bildeten.

⁸ Vgl. DUHEM, *Le mixte*, Paris, S. 16, 17, 48, sowie KOPP, *Geschichte*, Bd. II, S. 275.

⁹ KOPP, *Alchemie*, Bd. II, S. 164, *Geschichte*, Bd. II, S. 278—280.

BECHERS, hatte sich ohne Zweifel noch nicht verloren, und vor allem in den Handbüchern ist noch zuweilen von ihnen die Rede. In der Vorrede zu seinem *Traité élémentaire de chimie* zeigt LAVOISIER mit der bei ihm gewohnten Klarheit, inwiefern diese alten Ansichten unhaltbar sind. „Diese unsere Neigung, alle Körper in der Natur als zusammengesetzt aus nur drei oder vier Elementen anzusehen, beruht auf einem Vorurteil, das ursprünglich von den griechischen Philosophen stammt“. Im Gegensatz dazu entspringt der Begriff des chemischen Elements aus der Erfahrung. „Das letzte Glied, bis zu dem die Analyse vordringt, alle Substanzen, die wir bisher mit keinem Mittel zerlegen konnten, sind für uns Elemente“.¹ Aber an der Kürze seiner Erklärungen merkt man, daß er in diesem Punkte keinen Widerspruch zu erwarten hatte. Im Grunde waren nämlich die sachverständigsten unter seinen Zeitgenossen darüber mit ihm einig.² Wie KOPP feststellt, hat sich LAVOISIER nie die Mühe genommen, die Vergeblichkeit der Transmutationsversuche zu verkünden.

Seit dem endgültigen Sieg der Theorie LAVOISIERS ist vom empirischen Standpunkt betrachtet anscheinend nichts so gut begründet wie die Existenz der „Elemente“, d. h. von Stoffen, die sich in ihren Grundeigenschaften unterscheiden, uns als unzerstörbar erscheinen und die Fähigkeit haben, sich miteinander zur Bildung von Verbindungen zu vereinigen, sich aber nicht ineinander verwandeln können. Das chemische Prinzip, von dem wir sprechen, bezeichnet HELMHOLTZ als das der „Unveränderlichkeit der Stoffe“ oder der „Konstanz der Elemente“ und betrachtet es als fundamental.³ Ebenso stellt ARMAND GAUTIER fest, daß es eine der Grundlagen unserer Chemie bildet, und stellt es mit Recht an die erste Stelle bei der Aufzählung dieser Grundannahmen.⁴ ÉTARD ist derselben Ansicht.⁵ Übrigens kann man sich leicht klar machen, daß diese

¹ LAVOISIER, *Oeuvres*, Paris 1864, Bd. I, S. 5–7.

² DUHEM hebt jedoch mit Recht hervor, daß die Bildung einer neuen Bezeichnungsweise sehr viel dazu beitrug, die Vorstellung des chemisch einfachen Stoffes zu befestigen (*Le Mixte*, S. 47).

³ HELMHOLTZ, *Populärwissenschaftliche Vorträge*, S. 192.

⁴ A. GAUTIER, *Les problèmes de la chimie moderne*, Revue générale des sciences, 1890, S. 225.

⁵ ÉTARD, Revue générale des sciences, Bd. XIV, S. 540, stellt bei einer Aufzählung der besonderen chemischen Gesetze an erste Stelle den Satz: „es gibt spezifische unzerstörbare Elemente.“

Auffassung gewissermaßen einen integrierenden Bestandteil des Prinzips von der Erhaltung der Materie bildet. Sie bildet gerade den unbestimmten, aber sehr wichtigen Teil dieses Prinzips, den wir früher erwähnt haben (S. 158).

Ich verbrenne ein Stück Schwefel mit Hilfe von Sauerstoff und fange das so erzeugte Schwefligsäureanhydrid auf. Andererseits stelle ich Wasser durch Verbindung von Sauerstoff mit Wasserstoff her; dann löse ich darin Kalium auf und bekomme eine Lösung von Kali. Schließlich leite ich die schweflige Säure durch diese Lösung und erhalte Kaliumbisulfid. Offenbar muß in dieser ganzen Reihe von Prozessen das Gewicht erhalten geblieben sein; d. h. addiere ich einerseits die Gewichte der Stoffe, die ich in diese mehrfachen Verbindungen habe eintreten lassen: Schwefel, Sauerstoff, Wasserstoff und Kalium, andererseits die Gewichte der erhaltenen Produkte, d. h. des Kaliumbisulfids und der Nebenprodukte, z. B. des bei der Auflösung des Kaliums freigewordenen Sauerstoffs usw., so werden die beiden Summen sich als genau gleich herausstellen. Das ist das Prinzip der Erhaltung der Materie; aber ist es das ganze Prinzip? Kann ich vom Standpunkt der Erhaltung nicht mehr aussagen? Ich kann nicht nur vom Gewicht, sondern auch von den Stoffen selbst behaupten, daß sie sich erhalten; der Schwefel bleibt Schwefel, Sauerstoff Sauerstoff usw. Beweis dafür ist die Tatsache, daß ich nicht zögere, mein Endprodukt durch das Symbol KHSO_3 zu bezeichnen. Strenggenommen kann man freilich behaupten, diese Formel bedeute nicht, daß diese elementaren Stoffe wirklich in dem Bisulfid enthalten seien, sondern nur, daß sie unter gewissen Bedingungen daraus isoliert werden können. Das war die Ansicht HENRI SAINT-CLAIRE DEVILLES,¹ und OSTWALD scheint ihr ebenfalls zuzuneigen.² Nach dieser Hypothese würden die Elemente in den Verbindungen verschwinden. Das ist an sich durchaus nicht paradox. Derartige Probleme sind zu wiederholten Malen in der Chemie aufgeworfen worden und haben nicht immer die gleichen Lösungen gefunden. So kann man sich z. B. fragen, ob das Wasser, von dem wir sehen, daß es sich unter gewissen Bedingungen sehr leicht an die Moleküle der Stoffe anlagert, dort als solches bestehen bleibt. Für das sog. Kristallisationswasser nehmen die Chemiker das ziemlich allgemein

¹ Vgl. DUHEM, *Le mixte*, S. 164.

² OSTWALD, *Vorlesungen über Naturphilosophie*, Leipzig 1902, S. 287.

an. Aber über das Wasser der Säuren gibt es verschiedene Hypothesen. Früher nahm man z. B. an, daß die Schwefelsäure sich aus Wasser und dem zusammensetzt, was man heute Anhydrid nennt (und was man damals als die eigentliche Säure ansah); danach blieb also das Wasser als solches in dem zusammengesetzten Molekül erhalten. Nach unseren heutigen Formeln dagegen spaltet sich das Wassermolekül, das zu dem Anhydrid hinzutritt, in Hydroxyl und Wasserstoff, dies sich an verschiedenen Stellen der Atomkette anlagern.

Nachdem man die Bedingungen des Problems derart umgrenzt hat, genügt indessen eine Prüfung der Theorien der Chemie, um sich zu überzeugen, daß die allgemein angenommene Lehre das Gegenteil derjenigen von SAINTE-CLAIRE DEVILLE ist. Vergegenwärtigen wir uns nochmals die Stelle bei LAVOISIER, die wir im vorigen Kapitel angeführt haben, und wägen wir genau seine Ausdrücke ab! „Man muß bei jedem Versuch eine wirkliche Gleichheit oder Gleichung zwischen den Prinzipien des untersuchten Körpers und denen, die man durch Analyse daraus erhält, voraussetzen.“

Hätten wir Zweifel über die Tragweite dieser Stelle, so brauchten wir uns nur an das zu halten, was ihr vorausgeht. In einem Satz, den wir in unserem Zitat ausgelassen hatten, erklärt LAVOISIER, daß vor und nach jeder Operation „die Qualität und Quantität der Prinzipien dieselbe ist und daß nur Veränderungen, Modifikationen stattfinden.“ Damit behauptet also LAVOISIER, daß die „Prinzipien“ (es handelt sich speziell um Stoffe, von denen er wußte, daß sie zusammengesetzt sind, aber es gilt offenbar *a fortiori* für die Elemente) als solche vor ihrer Isolierung existieren.

Man kann sich übrigens leicht überzeugen, daß die Chemie in diesem Punkte den Ansichten ihres berühmten Meisters treu geblieben ist. Man sagt, daß die Stoffe nicht nur aus ihren Elementen zusammengesetzt sind, sondern daß sie wirklich aus ihnen *bestehen*, daß die Elemente wirklich in ihnen enthalten sind und in den Verbindungen fortbestehen. Man forscht sogar danach, in welcher Weise ihre letzten Teile angeordnet sein mögen. Würden wir auch nur einen Augenblick an diesem Fortbestehen zweifeln, so würden damit alle Theorien ihren Sinn verlieren, die seit BERZELIUS bis auf VAN'T HOFF über die sog. „Konstitutionsformeln“ aufgestellt worden sind, in denen sozusagen der ganze Fortschritt der Chemie konzentriert ist.

Allerdings behauptet niemand, daß die Elemente, wenn sie Verbindungen eingehen, alle ihre Eigenschaften behalten; auf den ersten Blick scheint es sogar, als bestünde in dieser Hinsicht überhaupt keine Beziehung zwischen dem Metall Kalium, dem Gas Wasserstoff usw. auf der einen und dem Kaliumbisulfit auf der anderen Seite. Dennoch hat man bekanntlich solche Beziehungen entdeckt. Die wichtigste unter ihnen, die man früher als das Gesetz der Äquivalente bezeichnete, wurde durch GAY-LUSSAC entdeckt und von AVOGADRO abgeändert, der daran Überlegungen über das spezifische Gewicht der Gase knüpfte. Seitdem haben die Chemiker noch andere Beziehungen gefunden: geduldig suchen sie weiter, denn sie sind im voraus überzeugt, daß diese Beziehungen bestehen und es sich nur darum handelt, sie aufzufinden; was man physikalische oder allgemeine Chemie nennt, ist tatsächlich die Erforschung des Einflusses, den die chemische Zusammensetzung der Stoffe auf ihre Eigenschaften ausübt, d. h. also des Einflusses, der von den Eigenschaften ihrer Elemente und von deren Anordnung ausgeht.

Unter diesen Umständen kann man kaum daran zweifeln, daß die Verschiedenartigkeit der Elemente wirklich die Grundlage der Chemie bildet. Untersuchen wir aber die Ansichten der Chemiker selbst über diese Frage und vor allem die der Theoretiker der Chemie, so werden wir offene Zweifel, ja sogar manchmal die klare Behauptung der Einheit der Materie finden. Das geht weit zurück. Schon LAVOISIER trug Bedenken, alle von ihm festgestellten Elemente einander gleich zu stellen. Der Sauerstoff, der Stickstoff, der Wasserstoff erschienen ihm einfacher als die übrigen Stoffe, die demnach Verbindungen hätten sein müssen.¹ 1815 stellte PROUT seine bekannte Theorie auf, nach welcher der Wasserstoff das Urelement sein sollte, aus dem alle anderen zusammengesetzt wären; diese Ansicht hatte einen außerordentlichen Erfolg und zählte viele angesehene Chemiker zu ihren Anhängern, u. a. J. B. DUMAS, der sie allerdings leicht abänderte, indem er von einem Bruchteil des Atomgewichts des Wasserstoffs ausging.² Die späteren Forschungen haben sie zwar nicht bestätigt, aber sie widerstand lange Zeit und ist auch

¹ Vgl. BOUASSE, *Introduction à l'étude des théories de la mécanique*, Paris 1895, S. 166.

² Daselbst, S. 169.

heute noch lange nicht verschwunden.¹ Noch beträchtlicher war der Erfolg der Ansichten, die an die Periodizität der Atomgewichte anknüpften; diese Ansichten wurden zuerst von CHANCOURTOIS² ausgesprochen, erhielten aber ihre endgültige Form durch MENDELEJEFF. Die Theorien dieses russischen Chemikers bildeten den Ausgangspunkt einer großen Zahl wissenschaftlicher Arbeiten, und obgleich die dadurch entfachten Diskussionen noch lange nicht erloschen sind, so geht man doch sicher nicht zu weit, wenn man behauptet, daß jene Theorien heute einen integrierenden Bestandteil der theoretischen Chemie ausmachen.³

Angesichts der Tatsache, daß ein Aufgeben der Ansicht von der Unwandelbarkeit der Elemente, wie wir sahen, das ganze Gebäude der Chemie umstürzen würde, sollte man erwarten, daß jede Annahme, die in dieser Richtung liegt, mit äußerstem Mißtrauen aufgenommen werden müßte und daß nur sehr beweiskräftige Experimente die Wissenschaft veranlassen könnten, diesen Weg zu gehen. Nun war aber weder zu PROUTS Zeiten noch zu denen MENDELEJEFFS auch nur der Schatten einer Tatsache bekannt, die Zweifel an der Unveränderlichkeit der Elemente gerechtfertigt hätte. Ja, man kann sagen, daß die experimentelle Grundlage bei beiden Theorien immer äußerst schmal war und daß es zur Zeit ihres Auftretens einer großen Bereitwilligkeit bedurfte, um Konstruktionen anzuerkennen, die zugleich so kühn und auf so schwankenden Fundamenten aufgerichtet waren.⁴

¹ Vgl. E. BOOTH, *Prouts Hypothese* usw., Wiedemanns Annalen, 1902, Ergänzungsheft. — R. J. STRUTT, *Über die Tendenz* usw., daselbst. — C. HALLUIS, *Atomgewichtsgrundzahlen*, daselbst 1903. — HINRICHS, *The Elements of Atom Mechanics*, Bd. I (zitiert nach der Revue générale des sciences, Bd. VI, 1895, S. 756). — Infolge einer wahrhaft erstaunlichen Wiederkehr des einmal Gewesenen in der Entwicklung der chemischen Vorstellungen ist die Proutsche Hypothese, die lange Zeit so abenteuerlich erschien, heute von den Chemikern fast allgemein angenommen. Vgl. hierüber *La Déduction relativiste*, § 202 [Zusatz zur dritten Auflage].

² A.-E. BÉGUÏER DE CHANCOURTOIS, *Vis tellurique*, Paris 1863.

³ Vgl. hierzu SCHÜTZENBERGER, *Traité de chimie générale*, Paris 1880, Bd. I S. VIII. Dort sieht man deutlich, daß das, was die Chemiker an diesen Vorstellungen so anzieht, der Umstand ist, daß sie auf dem Wege zur Einheit der Materie zu liegen scheinen. — Diese Annahme ist übrigens durch die spätere Entwicklung der chemischen Theorien durchaus bestätigt worden. Vgl. *La Déduction relativiste*, § 202 f. [Zusatz zur dritten Auflage].

⁴ Bei A. ÉTARD, *Les nouvelles théories chimiques*, 3. Aufl., Paris, S. 51, sowie Revue générale des sciences, Bd. VI, 1895, S. 782, findet man einige Angaben über die Einwände, die gegen die Theorie von MENDELEJEFF erhoben werden. — Den fundamentalen Widerspruch, der zwischen dem allgemein

Diese Überlegungen beweisen, scheint uns, deutlich, daß die Chemiker trotz der experimentellen Ergebnisse und trotz der Forderungen der von ihnen nach außen hin anerkannten Theorie dennoch die Existenz von einem Schock Elemente nur notgedrungen angenommen haben. BERTHELOT versichert uns, daß die Chemiker niemals „die Hoffnung aufgegeben hätten, eine Schranke zu überschreiten, die sie als eine vorläufige betrachteten“.¹ Ebenso bezeichnend ist, daß GIBBS, dessen berühmte theoretische Arbeiten der ganzen Wissenschaft eine neue und fruchtbare Richtung geben zu sollen scheinen, nicht zögert, eines der Grundpostulate seiner Lehre auf die Möglichkeit einer Transmutation zu gründen,² und daß FRIEDEL, nachdem er zuvor erklärt hat, „der Begriff eines einzigen Elementarstoffes sei eher ein philosophischer Begriff als etwas anderes“, eine „mechanische Erklärung der allgemeinen Tatsache“ fordert, „die man als Valenz der Atome bezeichnet“.³ Die Valenz ist ein Ausdruck der Affinität, der innersten Eigenschaft der chemischen Atome, aus der sich letzten Endes die übrigen erklären lassen müssen. Verlangt man für sie wiederum eine Erklärung, so erkennt man sie damit als *qualitas occulta* an, d. h. man setzt voraus, alles müsse sich auf eine einheitliche qualitätslose Materie zurückführen lassen.

Wir können auch das Zeugnis von Philosophen wie SPENCER, LOTZE, WUNDT und HANNEQUIN anführen. Für SPENCER ergeben sich die Eigenschaften der verschiedenen chemischen Elemente „aus Unterschieden der Anordnung, die von der Zusammensetzung und Wiederzusammensetzung letzter homogener Einheiten herühren“.⁴ WUNDT stellt fest, daß „die Chemie die abweichenden Eigenschaften der verschiedenen Elemente noch jetzt in die quali-

angenommenen Begriff des chemischen Elements und dem Postulat der Einheit der Materie besteht, hat in ausgezeichneter Weise KOZŁOWSKI dargestellt (*Sur la notion* usw., Congrès de philosophie de 1900, Bd. III, S. 536 f.; *Zasady przyrodoznawstwa*, Warschau 1903, S. 272 f.). Wir wollen jedoch bemerken, daß nach KOZŁOWSKI das fragliche Postulat aus der Einheit der Tastempfindung entspringt (*Zasady*, S. 264).

¹ M. BERTHELOT, *Les origines de l'alchimie*, Paris 1883, S. 289.

² Vgl. LE CHATELIER, *La loi des phases*, Revue générale des Sciences, 10, 1899, S. 760.

³ CH. FRIEDEL, Vorrede zu J.-B. STALLO, *La matière et la physique moderne*, 3. Aufl., Paris 1899, S. 9 u. 12.

⁴ H. SPENCER, *M. Martineau on Evolution*, Contemporary Review, Juni 1872, Bd. XX, S. 143.

tative Verschiedenheit der Atome verlegt“, und fährt dann fort: „Nun geht offenbar die ganze Entwicklung der physikalischen Atomistik darauf aus, alle qualitativen Eigenschaften der Materie aus den Bewegungsformen der Atome abzuleiten; die Atome selbst bleiben so notwendig als vollkommen qualitätslose Elemente zurück“. ¹ Ebenso erklärt HANNEQUIN, daß die Einheit der Materie „das geheime Postulat der gesamten Atomistik“ sei. ² Aber noch bedeutsamer ist es vielleicht, daß auch LOTZE diese Tendenz feststellt, ³ denn dieser Metaphysiker ist ein Gegner der Vorstellung von der Einheit der Materie, und diese Neigungen der Chemiker und Physiker setzen ihn in Erstaunen.

Offenbar muß eine so allgemeine und starke Tendenz eine tief-
liegende Ursache haben. Nun können wir uns aber hierbei nicht direkt auf die Kausalität berufen, wie wir diese im Anschluß an LEIBNIZ definiert haben, nämlich als Identität der Ursache mit der Wirkung, des Antezedens mit dem Konsequens. Dieses Prinzip postuliert gewisse Bedingungen für das Dasein der Dinge in der Zeit; aber unter diesem Gesichtspunkt ist es gleichgültig, ob der Schwefel, wie man angenommen hat, nur eine polymere Form des Sauerstoffes oder ein radikal von ihm verschiedener Stoff ist, sofern nur der Schwefel Schwefel und der Sauerstoff Sauerstoff bleibt. Oder vielmehr unter dem Gesichtspunkt der Tragweite und der Bequemlichkeit der Ableitungen ist es sogar besser, man geht von einer möglichst großen Zahl von Elementen mit sehr verschiedenen Eigenschaften aus. Im Augenblick nämlich sind wir noch sehr weit davon entfernt, die Eigenschaften der Verbindungen vollständig aus denen der Elemente erklären zu können; man begreift aber, daß das leichter wäre, daß man einen kürzeren Weg zurückzulegen hätte, um zu qualitativ verschiedenen Stoffen zu gelangen, als wenn man alles in einen einzigen Stoff auflösen müßte: die Eigenschaften der Sulfite ließen sich sicher leichter aus denen des Schwefels usw. erklären, als wenn man z. B. alles auf den Wasserstoff zurückführen müßte. Anstatt also das Prinzip der Einheit der Materie auf diesem Wege aus dem Kausalprinzip ableiten zu können, müssen wir vielmehr feststellen, daß dieses uns in die entgegengesetzte Richtung treibt.

¹ WUNDT, *Die Theorie der Materie*, Deutsche Rundschau, Dezember 1875, S. 387.

² HANNEQUIN, a. a. O. S. 166.

³ LOTZE, *System der Philosophie*, Leipzig 1879, Bd. II, S. 376.

Verlassen wir dagegen den Boden der Chemie und das Problem, die Eigenschaften der materiellen Substanzen zu erklären, und betrachten wir die Erscheinung, soweit sie ein Werden ist, so mag es im Gegenteil scheinen, als sei die von uns gesuchte Ableitung möglich. Man kann nämlich der Überlegung, durch die wir die Grundprinzipien der Mechanistik abzuleiten versucht haben, die folgende Form geben: die Erscheinung ist eine Veränderung, d. h. eine Modifikation in der Zeit; nun aber gibt es nur *eine* faßbare Veränderung, nämlich die Ortsveränderung¹; was seinen Ort ändert, nennen wir Materie, und es gibt in der physischen Welt weiter nichts als diese Materie. Es kann aber eine Materie nur unter dem Einfluß einer anderen Materie ihren Ort wechseln (der moderne Physiker würde eher sagen: ihre Inertialbewegung ändern — aber diese Abänderung läßt das Wesen der Schlußweise unberührt, denn die Inertialbewegung wird der Ruhe gleichgesetzt und ist im übrigen offensichtlich als Erklärungsmittel unzureichend). Diese Wirkung (Stoß oder Anziehung) ist das Grundphänomen, das einzige Phänomen in der ganzen Wirklichkeit; infolgedessen braucht die Materie nur diese eine Eigenschaft und ist daher überall ein und dieselbe.

Man braucht aber diese Schlußkette nur *etwas* genauer zu untersuchen, um zu bemerken, daß ihre Strenge nur eine scheinbare ist. Freilich ist die Erscheinung Veränderung in der Zeit, aber die Veränderung einer bereits *bestehenden* Mannigfaltigkeit — in keinem Augenblick finden wir die Wirklichkeit anders als mannigfaltig, und zwar von unendlicher Mannigfaltigkeit. Diese Mannigfaltigkeit ist offenbar qualitativer Art, denn es ist die Mannigfaltigkeit unserer Empfindung. Diese Empfindung ändert sich, und diese Änderung sollen wir erklären: der Körper, der zuvor kalt war, ist warm geworden. Räumen wir ein, daß sich etwas bewegt hat, daß das sich Bewegende aus diskreten Teilchen besteht, und zwar aus sehr kleinen, weil unsichtbaren Teilchen und daß diese sich unter der Wirkung anderer Teilchen in Bewegung gesetzt haben. Warum sollen die bewegten Teilchen nicht einfach warm sein, woher kommt mir die sonderbare Vorstellung, daß die Wärme nicht außerhalb meiner Empfindung existiert, daß sie nur eine Art von Bewegung ist?

Allerdings scheint diese Vorstellung einer Unterscheidung zu entsprechen, die seit LOCKE trivial geworden ist, nämlich der Unter-

¹ Vgl. S. 303 die Ableitung DESCARTES'.

scheidung zwischen primären und sekundären Qualitäten der Materie. Zu jenen, die als vom Begriff der Materie selbst untrennbar gelten, rechnet man die Undurchdringlichkeit, von der wir sahen, daß sie nur eine in eine Eigenschaft verwandelte Wirkung ist (S. 66). Woher kommt aber diese Unterscheidung? Ist es richtig, daß man den Begriff der Materie in Gedanken von gewissen Eigenschaften entblößen kann und von anderen nicht? Die Materie hat als Gegenstand unserer Empfindungen mannigfache Eigenschaften; sie ist warm, farbig, elektrisch, magnetisch usw. Können wir von der ersten dieser Qualitäten abstrahieren und eine Materie annehmen, die gar keine Temperatur hat? Das ist im eigentlichen Sinne unvorstellbar; unsere Vorstellung macht bei dem Körper halt, der uns bei der Berührung weder die Empfindung des Warmen noch die des Kalten vermitteln würde, d. h. dessen Temperatur nahe derjenigen unseres Blutes wäre; aber dieser Körper würde in uns doch noch unter anderen Umständen eine Temperaturempfindung erregen, z. B. wenn wir zuvor die Hände in kaltes Wasser getaucht hätten. Ebenso verhält es sich mit der Farbe, durch die allein wir die Materie *sehen* können; jedes Sehen ist ein Farbsehen, hat MAXWELL gesagt,¹ übrigens nach dem Vorgange BERKELEYS.² Gewiß läßt sich für die elektrischen und magnetischen Zustände eine solche Analyse nicht durchführen, denn es fehlt uns ein Organ für eine entsprechende unmittelbare Empfindung; es ist aber klar, daß die Lage in diesem Falle dieselbe ist und daß keine Materie ganz ohne diese Eigenschaften existieren könnte. Als Objekt unserer Empfindungen und als Vorstellung des gemeinen Menschenverstandes ist demnach die Materie ein zusammengesetzter Begriff, der durch die Gesamtheit der oben aufgezählten Eigenschaften zu definieren ist. Wir sind genötigt, sie alle als primär anzusehen, und übrigens haben die Ansichten hierüber bekanntlich gewechselt: die Peripatetiker betrachteten als primär das Kalte und Warme, das Trockene und Feuchte. Suchen wir dagegen *a priori* passende Eigenschaften, so wäre die Undurchdringlichkeit gewiß nicht darunter; wie wir gesehen haben, gelingt es nicht, sie im Atom unterzubringen; denn in bezug auf dieses erscheint sie als echte *qualitas occulta*. Unter diesem Gesichtspunkt

¹ MAXWELL, *Scientific Papers*, Cambridge 1890, Bd. II, S. 267.

² BERKELEY, *Works*, herausgeg. v. FRASER, Bd. I, *An Essay towards a New Theory of Vision*, § 130, 158.

nimmt also die Undurchdringlichkeit keinerlei Vorzugstellung gegenüber den anderen Eigenschaften der Materie ein.

Im Hinblick auf die kausale Erklärung werden wir daher das Teilchen oder Atom mit einem Prinzip ausstatten müssen, vermöge dessen es auf andere zu wirken vermag. Da es aber letzten Endes auf uns wirken muß, um Empfindungen in uns zu erregen, so wäre es offenbar bequem, ihm auch Prinzipien zuzuschreiben, durch die es Empfindungen hervorrufen könnte. Wir würden also m. a. W. auf diese Weise nicht bei einer rein mechanistischen Atomistik wie der des DEMOKRIT endigen, sondern bei einer qualitativen, ja sogar bei einer Theorie wie der des ANAXAGORAS, der bekanntlich die Existenz einer unendlichen Zahl von Elementen oder Prinzipien annimmt, die sich qualitativ voneinander unterscheiden. Wie wir an dem präzisen Beispiel der chemischen Stoffe deutlich erkannt haben, ist nämlich die Erklärung um so leichter, je mannigfaltiger die zu kombinierenden Elemente sind; daher erscheint die unendliche Mannigfaltigkeit der Urelemente als unmittelbare Folge derjenigen der Erscheinungen. Wir können aber vielleicht diesen Schluß noch deutlicher machen, wenn wir seine Tragweite einschränken. Jede Materie, das versteht sich, muß mechanisch auf eine andere wirken. Aber muß diese Wirkung immer dieselbe sein? Könnte es nicht verschiedene Stoffe geben, die verschiedene mechanische Eigenschaften besitzen? Warum setzt z. B. DEMOKRIT — nichts ist in diesem Zusammenhang so wertvoll wie das aus der Wissenschaft und ihrer Geschichte entnommene präzise Beispiel — warum also setzt DEMOKRIT nicht eine Reihe von Stoffen von verschiedener Härte voraus? Hätte er nicht, anstatt alle Atome wie Stückchen Gold anzunehmen, eine ganze Stufenleiter vom Eisen bis zum Wachs annehmen können? Warum hat FRIEDEL eine Erklärung für die chemische Valenz verlangt? Warum sollte nicht das eine Atom ein Anziehungsvermögen besitzen, das einem anderen fehlt, und warum erscheint uns diese Mannigfaltigkeit sofort der *Erklärung* bedürftig, einer Erklärung, die offenbar nur durch die verschiedene Anordnung eines und desselben Stoffes in dem Element selbst zu geben ist? Liegt es nicht auf der Hand, daß man sich in beiden Fällen wichtiger Erklärungsmittel beraubt und eine an sich schon genügend schwere Aufgabe sozusagen zum reinen Vergnügen noch mehr kompliziert? Wir kommen also schließlich zu folgendem Ergebnis:

hält man sich streng an das Prinzip der Identität in der Zeit, so läßt sich die Einheit der Materie, dieser wichtige Zug der mechanistischen Theorien, nicht erklären. Müssen wir deswegen unsere Zuflucht zu dunklen und sehr allgemeinen Prinzipien nehmen, wie etwa zu einem Streben nach Einheit oder nach Einfachheit? Sollen wir mit LOTZE annehmen, daß unsere Motive ästhetischer Art sind?¹ Kann man auf eine derartige Ursache wirklich eine Tendenz zurückführen, die sich mit so merkwürdiger Kraft durchsetzt trotz der gewaltigen Hindernisse, die sie geradezu zu mißachten scheint, eine Tendenz, von der ein sehr vorsichtiger und in Dingen der exakten Wissenschaften sehr bewandelter Metaphysiker jüngst gesagt hat, sie sei „unwiderstehlich“?² Es scheint doch, als müßte da ein tieferer Grund vorhanden sein.

Gehen wir von dem Weltbild aus, wie die geläufige Atomtheorie es zeichnet! Da gibt es korpuskulare Massen, die außer der Fähigkeit sich zu bewegen, noch die haben, sich gegenseitig zur Bewegung zu veranlassen, die aber sonst keinerlei Qualitäten besitzen. Versuchen wir, ihnen eine zuzuschreiben, z. B., um die Vorstellung zu fixieren, das, was man in der Chemie Valenz nennt, d. h. wir wollen einer gewissen Anzahl unter diesen Atomen die Fähigkeit verleihen, eine bestimmte Anzahl anderer Atome sozusagen an sich zu fesseln. Versuchen wir uns dieses neue Bild vorzustellen! Unser Verstand oder, wenn man lieber will, unser Vorstellungsvermögen widersetzt sich dem. Wie sollen wir diese Qualität mit dem Bilde verbinden, das wir uns von den Atomen gemacht hatten, wo sollen wir sie darin unterbringen? Das erscheint uns als mysteriös: offenbar ist die Valenz, wie das schon oft von den Gegnern dieses Begriffes ausgesprochen wurde, etwas Unerklärbares. „Jede echte Naturkraft“, sagt SCHOPENHAUER, „ist ihrem Wesen nach *qualitas occulta*“.³

Bleiben wir einmal bei diesem Ausdruck stehen! Bisher hatten wir von Erklärung nur in bezug auf die Vorgänge in der Zeit gesprochen. Offenbar aber handelt es sich hier nicht um eine solche Beziehung: diese Atome so gut wie die Qualität, mit der wir sie ausstatten wollen, das alles soll ewig, unwandelbar, unabhängig

¹ LOTZE, a. a. O. S. 382.

² A. BALFOUR, *Réflexions sur la théorie nouvelle de la matière*, Revue scientifique, 1. Juli, 1905, S. 11.

³ SCHOPENHAUER, *Über die vierfache Wurzel* usw., Leipzig 1877, S. 46.

von der Zeit sein. Es *wird* nicht, sondern es *ist*. Also haben wir nicht für das Werden eine Erklärung verlangt, sondern für das Sein.

ARISTOTELES hat diese Frage im VIII. Buche seiner *Physik* behandelt. Genau wie in dem Falle, der uns eben beschäftigte, handelte es sich auch dort um eine Qualität der Atome. Um ihre Bewegung zu erklären, hatte DEMOKRIT, wie wir früher sahen, behauptet, daß sie von jeher bestanden habe. ARISTOTELES findet diese Erklärung unzureichend. „Im allgemeinen, sagt er, bedeutet es keineswegs der Vernunft Genüge tun, wenn man es als ein Prinzip aufstellt und als hinreichende Ursache für eine Tatsache ausgibt, zu sagen, daß diese Tatsache immer in der und der Weise bestehe.“ Und er fügt hinzu: „Aber darauf führt DEMOKRIT alle Ursachen in der Natur zurück, indem er behauptet, die Dinge seien gegenwärtig so wie sie zuvor gewesen seien. Aber was den Grund dieses ewigen Zustandes anlangt, so glaubt er nach einem solchen nicht zu suchen zu brauchen“.¹

Wie man sieht, bedient sich ARISTOTELES des Ausdrucks „Grund“ (Ursache), obwohl es sich um einen „ewigen Zustand“ handelt; es muß da also eine Beziehung bestehen, die der eigentlich kausalen mindestens sehr nahe steht.

Erinnern wir uns, wie LEIBNIZ das Prinzip des bestimmenden Grundes ausspricht: „Es geschieht nichts ohne eine Ursache oder wenigstens einen Bestimmungsgrund, d. h. etwas, was dazu dienen kann, *a priori* zu begründen, weshalb die Sache gerade so und nicht anders existiert“.² Der erste Teil des Satzes „es geschieht nichts“ scheint sich nur auf das Werden zu beziehen, aber im zweiten Teil macht LEIBNIZ offenbar einen Gedankensprung und geht viel weiter, denn er fordert einen Grund für das, was „existiert“.

¹ ARISTOTELES, *Physik*, VIII, 1. Mit dieser Stelle kann man auch seine Definition der Wissenschaft in der *Zweiten Analytik*, I, 2, vergleichen: „Wir glauben, die Dinge in absoluter und nicht bloß in rein zufälliger sophistischer Weise zu wissen, wenn wir wissen, daß der Grund, aus dem ein Ding besteht, eben der Grund dieses Dinges ist, und daß das Ding folglich nicht anders sein könnte, als wir es wissen.“

² Vgl. oben S. 17. Man könnte in diesem Zusammenhang auch gewisse Stellen bei DESCARTES anführen, wo dieser gleichfalls eine Erklärung des Seins zu fordern scheint, z. B.: „In der Physik würde ich glauben, nichts zu wissen, wenn ich nur sagen könnte, wie die Dinge sein können, ohne zu beweisen, daß sie nicht anders sein können, denn wenn man sie auf die Gesetze der Mathematik zurückgeführt hat, so ist das möglich.“ (Brief an MERSENNE, *Oeuvres*, Bd. III, Paris 1899, S. 39.) Man wird übrigens weiter unten sehen, wie sehr diese Art der Problemstellung den Grundprinzipien DESCARTES' entsprach.

Noch klarer ist vielleicht eine andere Stelle, die wir einer kleinen jüngst von COUTURAT ans Licht gezogenen Schrift entnehmen. „Deshalb, sagt LEIBNIZ, muß man auch die ewigen Dinge begründen; nimmt man an, daß die Welt seit Ewigkeit bestanden hat und daß es in ihr nichts als Kügelchen gibt, so muß man begründen, warum es Kügelchen und nicht Würfel sind“.¹

Es ist nicht zu bezweifeln, daß er an das so erweiterte Prinzip dachte, als er dagegen Einspruch erhob, daß man den Substanzen beliebige Eigenschaften zuschreibt. „Also, sagt er, steht es in der Ordnung der Natur (abgesehen von den Wundern) nicht in Gottes Belieben, den Substanzen ohne Unterschied diese oder jene Eigenschaften beizulegen; und er wird ihnen stets nur diejenigen verleihen, die natürlich sind, d. h. die aus ihrer Natur als erklärbare Modifikationen ableitbar sind“.² Tatsächlich hat also WOLFF nur die Lehren seines Meisters zusammengefaßt, wenn er sagt: *Nihil est sine ratione cur potius sit quam non sit*, und dieser Satz, den, wie wir sahen, SCHOPENHAUER wörtlich übernimmt,³ zeigt deutlich, daß es sich um den Grund des Seins und nicht um den des Werdens handelt.

Vorhin fragten wir: warum haben die Dinge sich verändert? Und die Kausalität hat darauf geantwortet: sie haben sich nicht verändert, sondern sind dieselben geblieben. Jetzt fragen wir: angenommen, sie seien so seit Ewigkeit, warum sind sie so und nicht anders? Offenbar entsprechen beide Fragen derselben Art zu denken. Die Außenwelt ist für uns eine Tatsachenwahrheit, also eine zufällige Wahrheit; wir möchten sie gern erklären, sie als notwendige oder Vernunftwahrheit begreifen. Wie werden wir das anstellen?

Kehren wir zurück zu unserem Begriff des mechanischen Atoms! Ist es wirklich von jeder Qualität entblößt? Nein, es bleibt ihm zum mindesten eine Fähigkeit, nämlich zur Ursache der Bewegung anderer Atome werden zu können. Aber bei der Erörterung dieser Fähigkeit haben wir doch anscheinend bewiesen, daß sie dem Atom nicht zugeschrieben werden kann, daß sie mit dem Bilde, das wir uns von dem Atom machen, unvereinbar ist; sie ist also auch eine *qualitas*

¹ COUTURAT, *Sur la métaphysique de Leibniz*, Revue de métaphysique, Bd. X, 1902, S. 3.

² LEIBNIZ, *Opera*, Ausg. ERDMANN, *Nouveaux Essais*, S. 203.

³ Vgl. oben S. 17.

occulta. Um uns klar zu machen, wie wir dazu gelangt sind, sie als solche zu erkennen, brauchen wir nur das Bild des Atoms zu betrachten, mit dem die fragliche Fähigkeit nicht in Einklang zu bringen ist. Was bleibt vom korpuskularen Atom übrig, wenn man die Fernwirkung und die Undurchdringlichkeit wegnimmt? Offenbar nur ein Stück des Raumes. „Ich verstehe unter Atom, sagt LASSWITZ, (an der Stelle, die wir schon bei der Erörterung des fundamentalen Begriffes des korpuskularen Atoms benutzt haben), einen bewegten Teil des Raumes, dessen geometrische Teile zueinander in relativer Ruhe sind“¹. Wir haben also in Wirklichkeit versucht, die Undurchdringlichkeit mit den Eigenschaften des Raumes in Einklang zu bringen und haben schließlich festgestellt, daß man sie aus diesen Eigenschaften nicht ableiten kann; daher konnten wir sie als *qualitas occulta* behandeln. Man muß nämlich diesen Ausdruck definieren als „was nicht zum Begriff gehört“ (LEIBNIZ sagt an der soeben angeführten Stelle: „die aus ihrer Natur ableitbar sind“). Ob eine gewisse Qualität „occult“ ist oder nicht, hängt also davon ab, wie wir den Begriff der Materie bilden, d. h. von seiner Definition. Da wir hier Materie und Raum als dasselbe betrachtet haben, der Raum aber absolut träge ist und sein Begriff folglich sowohl die Passivität wie die Aktivität ausschließt, so werden natürlich die Undurchdringlichkeit und erst recht die Fernwirkung *qualitates occultae*.

Um sich davon zu überzeugen, genügt es übrigens, die Angaben zu betrachten, die DESCARTES und LOCKE hinsichtlich der primären Qualitäten machen. DESCARTES behauptet, „daß die Natur der Materie oder des Körpers im allgemeinen nicht darin besteht, daß er ein hartes oder schweres oder farbiges Ding ist oder eines, das unsere Sinne in irgendeiner anderen Weise erregt, sondern einzig darin, daß er eine nach Länge, Breite und Tiefe ausgedehnte Substanz ist“². LOCKE gibt folgende Aufzählung der Qualitäten des Körpers, „die von ihm nicht zu trennen sind und in uns einfache Vorstellungen erwecken“: die Festigkeit, die Ausdehnung, die Gestalt, die Zahl, die Bewegung oder die Ruhe.³ Mit Ausnahme der ersten sind dies wiederum lauter rein räumliche Qualitäten. Übrigens

¹ Vgl. oben S. 65.

² DESCARTES, *Principes*, II. Teil, Kap. IV.

³ LOCKE, *Essay, concerning human Understanding*, Buch II, Kap. VIII, § 9.

macht LOCKE ebensowenig wie LEIBNIZ in seinen Diskussionen mit den Cartesianern den Versuch, zu beweisen, daß die Festigkeit (LEIBNIZ sagt *impénétrabilité* oder *antitypie* und *puissance*) wirklich in dem räumlichen Bilde Platz findet. Er stellt sie als Postulat auf, indem er erklärt, der Körper könne nur durch den Stoß wirken.¹

Vom logischen Standpunkt aus gesehen, hat also DESCARTES gegen LOCKE Recht. Man hat oft gesagt, DESCARTES vernichte den Raum zugunsten der Materie, und das ist richtig, denn es gibt bei ihm keinen Raum als den, welchen die Materie erfüllt. Aber die Angleichung ist in Wirklichkeit eine wechselseitige, und wenn die Materie den Raum aufsaugt, so ist sie dafür selbst nichts weiter als hypostasierter Raum; denn sie hat, wie wir sahen, keine anderen Eigenschaften als die der räumlichen Größe. Mit der wunderbaren Kraft seines Geistes ist DESCARTES in dieser Frage, wie in vielen anderen, sogleich bis an die Grenzen des menschlichen Denkens vorgedrungen: es gibt keine andere „Erklärung“ der Materie und des Seins im allgemeinen (das intellektuelle und moralische Sein natürlich ausgenommen) als durch den Raum, und durchaus im Hinblick auf diese weitergehende Erklärung, als Vorarbeit dazu, gerade wie wir es bei der Zeit gesehen haben, versuchen wir aus der Materie alle „occulten Qualitäten“, d. h. alle spezifischen Eigenschaften im allgemeinen zu entfernen.²

DESCARTES hat übrigens in dieser Beziehung nur die Gedanken der alten Atomisten präzisiert. LEUKIPP und DEMOKRIT kannten, nach Angabe von ARISTOTELES, nur drei Unterschiede, durch die alle Erscheinungen verursacht wurden: die Form, die Ordnung und die Lage.³ Es besteht kein Zweifel, daß der Ausdruck *Form* hier im räumlichen Sinne gemeint ist; es handelt sich also um rein räumliche Beziehungen.

Wenn unsere Annahme richtig ist, so muß offenbar in der modernen Wissenschaft parallel mit der Tendenz zur Vereinheitlichung der Materie eine andere Tendenz zum Ausdruck kommen, die auf eine

¹ Dasselbst, Kap. VIII, § 11.

² Bei CASSIRER (*Erkenntnisproblem*, Bd. I, S. 390 f.) kann man sich überzeugen, daß diese Ansicht nicht nur die Physik DESCARTES' beherrschte, sondern auch seine Mathematik. Da sich alles auf räumliche Veränderungen zurückführen lassen muß, so wird das Studium dieser auf ein Koordinatensystem bezogenen Veränderungen zum Hauptproblem der Wissenschaft. Daher die Stellung, die bei DESCARTES die analytische Geometrie einnimmt.

³ ARISTOTELES, *Metaphysik*, I, 4.

Zurückführung der Materie auf den Raum gerichtet ist. Das ist in der Tat der Fall.

Führen wir zunächst zur Unterstützung unserer Behauptung einige direkte Feststellungen aufmerksamer Beobachter an. H. POINCARÉ protestiert gegen die Forderungen gewisser Anhänger extrem mechanistischer Theorien, die alles auf eine Materie zurückführen möchten, „die nur noch rein geometrische Eigenschaften hat“.¹ Diese Materie ist aber offenbar im Grunde weiter nichts als Raum. DUHEM konstatiert gleichfalls mit Bezug auf ganz andere Theorien, daß diese die Tendenz haben, die Materie auf den Raum zurückzuführen.² Die Tatsache, daß diese beiden angesehenen Forscher diese Tendenz als tadelnswert ansehen, erhöht, wenn möglich, noch das Gewicht ihres Zeugnisses.³

Aber man kann noch mehr sagen; es läßt sich, wie wir glauben, zeigen, daß diese Tendenzen keine teratologischen Auswüchse der Wissenschaft, sondern ihre natürlichen Erzeugnisse sind. In der Tat wird jedermann uns darin zustimmen, daß in der Wissenschaft eine Strömung herrscht, die auf eine Erklärung der Materie durch ein universelles raumerfüllendes Medium gerichtet ist. „Seit langem ist es der mehr oder weniger offen eingestandene Ehrgeiz der meisten Physiker, alle möglichen Formen der körperlichen Existenz mit Hilfe des Ätherteilchens zu konstruieren“, sagt LUCIEN POINCARÉ.⁴ Das fängt unmittelbar nach DESCARTES an, der, wie wir sahen, die Materie ausdrücklich mit dem Raume gleichsetzte: sobald man sie notgedrungen unterscheidet, macht sich die Tendenz geltend, sie zu identifizieren. LEIBNIZ setzt in seiner *Theoria motus concreti*⁵ auseinander, daß der Raum überall von einem homogenen, materiellen, inkompressiblen Fluidum erfüllt ist; dieses kann Wirbelbewegungen ausführen, und auf diese allein sind alle Vorgänge der Sinnenwelt zurückzuführen. MALEBRANCHE setzt ganz ähnliche Ansichten

¹ H. POINCARÉ, *Électricité et optique*, Paris 1901, S. 3.

² DUHEM, *L'évolution de la mécanique*, Paris 1902, S. 177—178.

³ Die relativistischen Ansichten führen deutlich zu einer Auflösung der Materie im Raum oder, was auf das gleiche hinauskommt, zu einer Verwandlung der Materie in eine rein räumliche Konstruktion. Vgl. *La Dédution relativiste*, Kap. XI [Zusatz zur dritten Auflage].

⁴ LUCIEN POINCARÉ, *La physique moderne*, S. 278.

⁵ LEIBNIZ, *Theoria motus concreti seu hypothesis nova*, Mainz 1671, *Mathematische Schriften*, Ausg. GERHARDT, Bd. VI, S. 17 f. LEIBNIZ erfaßte allerdings die Notwendigkeit eines Prinzips der Unterscheidung. (vgl. unten S. 262).

auseinander.¹ Es ist beinahe überflüssig, die Ähnlichkeit hervorzuheben, die zwischen diesen Theorien und denen gewisser moderner Physiker, insbesondere THOMSONS und TAITs sowie HELMHOLTZ' über die Wirbelatome besteht. Man zeigt aber keinen Mangel an Achtung vor diesen großen Namen der Wissenschaft, wenn man feststellt, daß die experimentelle Basis dieser Vorstellungen in gar keinem Verhältnis zu dem Umfang des theoretischen Gebäudes steht, das man darauf errichten wollte, und daß die Zahl der Tatsachen und Beziehungen, die so erklärt werden können, äußerst gering ist. Es ist überraschend, daß sie dennoch einen beträchtlichen Erfolg gehabt haben, noch erstaunlicher aber, daß ihre Verfasser sich über ihren Wert täuschen konnten; diese Tatsache allein würde nötigenfalls genügen, um den Verdacht zu begründen, daß da eine geheime Neigung des menschlichen Geistes zugrunde liegt. Diese Strömung schien sogar in neuerer Zeit noch weiter an Macht zugenommen zu haben. Daß der Äther, wie HERTZ gesagt hat, in letzter Instanz alles erklären muß, sogar „das Wesen der alten Materie selbst und ihrer innersten Eigenschaften, der Gravitation und Trägheit“, und daß diese Erklärung „das letzte Ziel der Physik“² sei, das erschien den Naturforschern des XIX. Jahrhunderts als das unbestreitbarste aller Prinzipien. In den elektrischen Theorien der Materie erscheint, soweit sie den Äther beibehalten, das neue Atom, das „Elektron“, lediglich als ein „singulärer Punkt im Äther“.³

Was ist aber im Grunde der Äther? Wir haben gesehen, daß die Physiker über seine Eigenschaften die mannigfachsten und häufig die widersprechendsten und unannehmbarsten Voraussetzungen gemacht haben. Aber eine Eigentümlichkeit beherrscht alle diese Hypothesen: der Äther erfüllt den Raum; das ist seine Hauptfunktion, derentwegen er überhaupt nur erfunden wurde. Diese Entstehungsgeschichte hat POINCARÉ in ausgezeichnete Weise erklärt.⁴ Das Licht, das von fernen Sternen zu uns kommt, braucht, wie wir wissen, eine beträchtliche Zeit, um uns zu erreichen. Wo

¹ MALEBRANCHE, *Réflexions sur la lumière et les couleurs*, Histoire de l'Académie Royale des sciences, 1699, Mémoires, S. 22.

² HERTZ, *Über die Beziehungen zwischen Licht und Elektrizität. Gesammelte Werke*. Leipzig 1894, Bd. I, S. 352.

³ H. POINCARÉ, a. a. O. S. 298, 301. LAEMOR, *Aether and Matter*, Cambridge 1900, S. 171.

⁴ H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse*, S. 199.

befindet es sich während dieses Zeitraumes? Wir können nicht annehmen, daß es nicht existiert, denn dann wäre das Licht, das die Erde erreicht, nicht mehr die Folge einer unmittelbar vorhergehenden Tatsache, sondern es würde unmittelbar und in unstetiger Weise aus einer Tatsache folgen, die von ihm durch ein Zeitintervall getrennt ist; das aber ist unzulässig. Folglich muß sich das Licht in der Zwischenzeit irgendwo befinden, es kann aber nur in dem Zwischenraum sein, einem Raum, der uns in anderer Hinsicht als leer erscheint. Die Eigenschaften, die wir dem Äther beilegen, sind also in Wirklichkeit die des Vakuums, wie MAXWELL gesagt hat¹, und der Äther selbst ist, wie HELMHOLTZ erklärt hat, nur eine Hypostase des Raumes. Genau denselben Ausdruck hatte übrigens schon KANT auf den Wärmestoff angewendet, der in der Physik seiner Zeit ungefähr dieselbe Rolle spielte wie heute der Äther.²

Die Zurückführung auf den Äther ist also im Grunde weiter nichts als der Versuch einer Zurückführung auf den Raum; und tatsächlich stellt diese Zurückführung das Verfahren dar, durch das wir das materielle Sein zu erklären, seinen hinreichenden Grund zu bestimmen suchen.

Wir wollen zugleich feststellen, daß nicht nur der beherrschende Gedanke, aus dem diese Tendenz entspringt, demjenigen analog ist, der das eigentliche Kausalprinzip erzeugt, sondern daß auch das Verfahren in beiden Fällen genau dasselbe ist. Als wir das Warum des Werdens kennen lernen wollten, d. h. den Grund der Veränderungen, die sich in der Zeit vollziehen, antwortete uns die Wissenschaft, daß diese Veränderungen nur Schein seien und daß sich hinter diesem Schein eine wirkliche Identität verberge. Nunmehr wollen wir das Warum des Seins wissen, d. h. den Grund der Mannigfaltigkeit im Raume. Ebenso wie wir zuvor fragten: „warum unterscheidet sich das, was mir in diesem Augenblick erscheint, von dem, was mir im Augenblick zuvor erschienen ist?“, so fragen wir nun: „warum unterscheidet sich die Erscheinung an diesem Orte von der Erscheinung an jenem?“ Darauf lautet die einzige „rationale“

¹ MAXWELL, *Scientific Papers*, S. 323: *These are some of the already discovered properties of that which has often been called vacuum or nothing at all.*

² KANT, *Vom Übergange* usw., Frankfurt 1888, S. 110 f., 119, 121. Bei LALANDE, *Lectures sur la philosophie des sciences*, S. 249—250 findet sich eine Stelle aus des Abbé NOLLET *Physique*, worin die in der Mitte des XVIII. Jahrhunderts gangbaren Ansichten über den Wärmestoff dargestellt werden. Vgl. auch ROSENBERGER, *Geschichte*, Bd. III, S. 35.

Antwort: dieser Unterschied besteht gar nicht, er ist nur scheinbar und überlagert sich einer wirklichen Identität. Überall, mag nun der Raum leer oder mag er im Gegenteil als von Körpern erfüllt erscheinen, überall gibt es nur ein und dasselbe Sein, den Äther,¹ „eine stetige, inkompressible, nicht zähe Flüssigkeit von gleichmäßiger und konstanter Temperatur“,² wie die Physiker ihn sich vorstellen, um darauf ihre Theorien zu bauen, — es ist nämlich ihr Ideal, ihn durch rein negative Merkmale zu definieren, wie E. DU BOIS-REYMOND das ausdrücklich hervorgehoben hat³ und wie es sich auch für eine Hypostase des Raumes gehört. Es versteht sich übrigens von selbst, daß er in dieser Weise aufgefaßt keiner wirklichen Veränderung fähig ist. In einem Medium, das nur mit rein negativen Qualitäten ausgestattet ist, könnten sich die einzelnen Teile nicht von einander unterscheiden. Wie sollte dann aber eine Bewegung möglich sein, wie soll man sich die Wirbelringe THOMSONS und HELMHOLTZS vorstellen, oder die singulären Punkte LARMORS? Wodurch kann sich der Äther der einen oder der anderen von dem umgebenden Äther unterscheiden? LEIBNIZ hat gesagt: „Setzt man den Raum als erfüllt und die Materie als einheitlich und fügt man allein die Bewegung hinzu, so könnte nicht einmal ein Engel den Zustand in einem Augenblick von dem in einem anderen unterscheiden, und folglich könnte keine Mannigfaltigkeit der Erscheinungen bestehen“. ⁴ Und denselben Gedanken drückt BERTRAND RUSSELL aus, wenn er erklärt, daß, „sofern man von der Materie abstrahiert, jeder Ort von jedem anderen ununterscheidbar ist und eine Wissenschaft von den Beziehungen unmöglich wird. Damit räumliche Beziehungen auftreten können, muß man die Homogenität des leeren Raumes zerstören, und was sie allein zerstören kann, ist die Materie“. ⁵

¹ BERGSON (*Matière et Mémoire*, 3. Aufl., S. 223) hat in ausgezeichnete Weise erfaßt, daß das Hauptmerkmal der Äthertheorien der Materie darin besteht, „die Unstetigkeit zum Verschwinden zu bringen, die unsere Wahrnehmung an der Oberfläche gezeigt hatte“.

² DUHEM, *L'évolution de la mécanique*, Paris 1903, S. 171.

³ E. DU BOIS-REYMOND, *Reden*, Leipzig 1886—87, S. 109.

⁴ LEIBNIZ, *Philosophische Schriften*, Ausg. GERHARDT, Bd. II, S. 295, *Brief an des Bosses*, 2. Febr. 1706.

⁵ RUSSELL, *An Essay on the foundations of Geometry*, Cambridge 1897, S. 77. Man kann dieser Stelle diejenige bei BERKELEY an die Seite stellen, die wir S. 132 angeführt haben. Da die vereinheitlichte Materie mit dem Raum verschmilzt, so finden hier die Argumente gegen den von allem materiellen Inhalt befreiten absoluten Raum Anwendung.

Diese Vorstellungen sind derart widerspruchsvoll, daß sie ganz wie die vom korpuskularen Atom nur unter dem Zwange einer apriorischen Tendenz entstanden sein können. In der Tat *wollen wir*, wie wir das früher bei der Bewegung gesehen haben, daß zugleich Verschiedenheit und Identität bestehe, und dieser Wille schafft Illusionen. Deswegen hat der Äther sozusagen ein doppeltes Gesicht. Auf der einen Seite soll er die Erscheinungen erklären, und deswegen schreiben wir ihm die Eigenschaften zu, die imstande sind, die Mannigfaltigkeit zu erzeugen, die wir beim leeren Raum voraussetzen müssen, weil sich in ihm das Licht, die Elektrizität usw. ausbreiten; auf der anderen Seite nehmen wir ihm alle Qualitäten, um ihn dem Raum anzugleichen. Das gehört (wie die Einheit des Atoms oder der potentielle Zustand) zu den Kunstgriffen, die wir unbewußt anzuwenden pflegen, wenn es sich darum handelt, unseren Kausaltrieb zu befriedigen.

Die tiefgehende Analogie zwischen den beiden Tendenzen, oder vielmehr die absolute Kontinuität des beherrschenden Gedankens, aus dem beide entspringen, wird noch deutlicher in Erscheinung treten, wenn wir die Entwicklung verfolgen, welche die Begriffe der Zeit und des Raumes infolge der sukzessiven Erklärungen des Werdens und des Seins durchmachen. Zuerst haben wir sowohl den Raum wie die Zeit als homogen in bezug auf die Gesetze betrachtet; zugleich haben wir die Körper in ihrer Bewegung durch den Raum als identisch gesetzt. Diese drei Bedingungen kennzeichnen den empirischen Teil der Wissenschaft, die Wissenschaft von den Gesetzen. Indem wir dann die Identität der Körper in ihrer Bewegung durch die Zeit postulierten, sind wir zu dem Begriff der Ursache gelangt und haben den rationalen Teil der Wissenschaft entstehen sehen, die Wissenschaft der Hypothesen. Nachdem wir aber hier angelangt sind, zeigt es sich, daß die Analogie zwischen der Zeit und dem Raume, die wir durch diese Operation wiederherzustellen glaubten, sich im Gegenteil aufs neue gestört zeigt. Die durch die Zeit hindurch identischen Körper sind in der Zeit auch unveränderlich, während sie, obgleich durch den Raum hin identisch, sich in diesem noch bewegen können. Infolge des Umstandes, daß die Zeit nur eine einzige Dimension hat, längs deren alles sich gleichförmig in derselben Richtung bewegt, wird die Zeit sozusagen auf einen Schlag ihres Inhalts durch das Postulat beraubt, daß die Körper die Zeit

hindurch identisch bleiben sollen, worin ja die Kausalität besteht. Die sukzessiven Augenblicke sind identisch geworden; aber im Raume unterscheiden sich die Teile noch durch die Körper, die sie erfüllen. Diesmal ist die Identifikation also bei der Zeit vollständiger als beim Raum. Nun aber setzt die „Erklärung“ ihr Werk fort und bringt den Raum endgültig auf eine Stufe mit der Zeit, indem sie alle seine Teile identifiziert.¹

Dieser letzten Identifikation verdanken die mechanistischen Hypothesen die sie kennzeichnende Einheit der Materie, wobei übrigens diese Einheit nur einen Schritt auf dem Wege zur Reduktion der Materie auf den Raum darstellt. Die beiden Tendenzen haben nämlich noch den Zug mit einander gemein, daß unser Verstand, da sein Endziel ihm außerordentlich fernliegend erscheint, gern bereit ist, sich mit teilweiser Befriedigung zu begnügen, so gering und imaginär sie auch sein möge. Jeder Fortschritt in einer der beiden Richtungen, und sei er auch nur scheinbar, gilt uns als eine „Erklärung“; und man begreift vollkommen, daß ARISTOTELES sie in einem gegebenen Augenblick verwechseln konnte und mit dem Ausdruck „Ursache“ etwas bezeichnen konnte, was zu der Identität in der Zeit offenbar in gar keiner Beziehung steht.

Beiden Tendenzen folgend haben wir von Theorie zu Theorie und von Identifikation zu Identifikation fortschreitend die wirkliche Welt immer mehr zum Verschwinden gebracht. Zuerst haben wir die Veränderung erklärt, d. h. negiert, indem wir das Antezedens mit dem Konsequens identifizierten, und der Lauf der Welt machte halt. Es blieb uns ein von Körpern erfüllter Raum. Wir bildeten die Körper aus Raum, führten die Körper auf den Raum zurück, und auch die Körper verflüchtigten sich. Damit stehen wir beim Leeren, beim „Gar nichts“, wie MAXWELL sagt. Denn Zeit und Raum haben sich aufgelöst. Die Zeit, deren Ablauf keine Verände-

¹ Der dunkle aber mächtige Trieb, der die rationale Wissenschaft veranlaßt, durch fortgesetzte Angleichungen eine Identität der Begriffe von Zeit und Raum herzustellen, äußert sich auch in den jüngsten Theorien von der „Ortszeit“. Der Ausspruch MINKOWSKIS (vgl. S. 28, Anm. 2) ist in dieser Hinsicht sehr bemerkenswert, und aus der bewunderungswürdigen Darstellung LANGEVINS kann man entnehmen, daß die Schöpfer dieser Theorien es als einen beträchtlichen Fortschritt ansehen, daß eine Unsymmetrie zwischen den beiden Begriffen nunmehr verschwunden ist, insofern das Zeitintervall ebenso wie die räumliche Entfernung mit dem Bezugssystem, d. h. mit der Bewegung des Beobachters wechselt (*L'évolution de l'espace et du temps*, Revue de métaphysique, Juli 1911, S. 461).

derung mehr bedingt, ist ununterscheidbar, nichtexistent; und der von Körpern befreite Raum, der durch nichts mehr markiert wird, verschwindet gleichfalls.

Es konnte nicht anders sein. Wir haben das Warum der wirklichen Welt gesucht und haben das mittels des Prinzips der Identität getan. Die letzte Quelle alles Wirklichen kann also nicht anders als ewig mit sich selbst identisch, ohne unterscheidbare Teile sein; das ist diesmal wirklich die Sphäre des PARMENIDES. Wie aber kann andererseits dieses Ding an sich, das keine Mannigfaltigkeit einschließt, mit dieser mannigfaltigen Welt in Beziehung treten? „Es ist zu klar, sagt mit Recht RENOUVIER, daß die gleichförmige, homogene und bewegungslose Materie weder Ursache noch Grund von irgend etwas auf der Welt sein kann“. ¹ Da sie von nichts Ursache ist, nicht wirkt, so ist es, als wäre sie überhaupt nicht da, und also verflüchtigt sie sich.

Wir können die Logik dieses Ergebnisses noch auf andere Weise veranschaulichen. Der kausale Schluß hat seinem Wesen nach die Tendenz, bis zu einer letzten Ursache aufzusteigen; denn jede Ursache, die wir entdecken, wird sofort durch diese Tatsache selbst zu einer Folge, deren Ursache ihrerseits zu suchen ist. Was kann nun diese letzte Ursache sein? Sie kann, um mit SPINOZA zu sprechen (der damit übrigens nur einen Ausdruck ST. ANSELMs wiederholt), nur etwas sein, was Ursache seiner selbst ist, *causa sui*, d. h. „dessen Wesen sein Dasein einschließt“. ² Wenn man also beim Nichts endet, so heißt das einfach, daß es unmöglich ist, diese *causa sui* zu finden.

Ist das nun das letzte Ergebnis der Naturwissenschaft, und bleibt uns, wie dem Jüngling von Sais, nichts übrig als das Bedauern, mit frevler Hand den Schleier von der Wahrheit gezogen zu haben? Damit dem so wäre, müßte diese Feststellung zunächst, so scheint es, wirklich am Ende der Wissenschaft stehen. So aber verhält es sich nicht. Die Mechanistik ist nicht die Frucht der Naturwissenschaft, sie ist zugleich mit ihr geboren. Seit dem Beginn dieser Wissenschaft steht sie bereit, sogar einschließlich der Einheit der Materie. Man hat geglaubt, die Analogie zwischen den Atomen der

¹ RENOUVIER, Critique philosophique, Bd. XI, 1, S. 188.

² SPINOZA, Opera, Haag 1887, Ethik, I, 39. Die Tatsache, daß das System des SPINOZA zum Akosmismus führt, hat HEGEL sehr wohl bemerkt. Vgl. hierüber CASSIRER, Erkenntnisproblem, Berlin 1906—07, Bd. II, S. 42.

Alten und den unsrigen ableugnen zu können, indem man jene als Hirngespinnste bezeichnete, während das Vorhandensein dieser experimentell erwiesen sei; aber wir wissen, daß in dieser Hinsicht zwischen beiden nur ein Gradunterschied besteht. Die Mechanistik entspringt nicht aus der Erfahrung, ihre Wurzeln ragen hinein in den Untergrund der Wissenschaft selbst, in die metaphysischen Grundvorstellungen, die unser ganzes Wissen bedingen. SPINOZA hat das klar erkannt, wenn er gegen BOYLE behauptet, die Mechanistik werde „durch Vernunft und Rechnung“ bewiesen und nicht durch chemische Versuche.¹ LEIBNIZ ist mit ihm in diesem Punkte wie in vielen anderen einig und hat das ausnahmsweise sogar ausdrücklich anerkannt: „SPINOZA (den ich ohne Bedenken zitiere, wenn er etwas Gutes sagt) macht in einem seiner Briefe, die an den verstorbenen Herrn OLDENBURG, Sekretär der Royal Society, gerichtet sind und die unter den nachgelassenen Schriften dieses scharfsinnigen Juden veröffentlicht wurden, eine sehr treffende Bemerkung über ein Werk von BOYLE,² der sich, um die Wahrheit zu sagen, etwas zu lange dabei aufhält, aus einer Unendlichkeit von schönen Versuchen eine Schlußfolgerung zu ziehen, die er zum Prinzip hätte nehmen dürfen, nämlich daß in der Natur alles auf mechanische Weise geschieht, ein Prinzip, das man durch die bloße Vernunft zur Gewißheit erheben kann, aber niemals durch Versuche, so viele man ihrer auch machen möge“.³

Die Mechanistik und ihr letztes Ergebnis, die Reduktion der Wirklichkeit auf das Nichts, bilden einen integrierenden Teil der Naturwissenschaft; denn diese kann sich der Herrschaft des Identitätsprinzips nicht entziehen, das die Hauptform unseres Denkens darstellt. Aber weit entfernt, sich seinem Gebot stillschweigend zu unterwerfen, leistet sie kräftigen Widerstand, wie wir das sogleich sehen werden.

¹ SPINOZA, *Opera*, Bd. II, Epist. VI (an OLDENBURG).

² Wahrscheinlich handelt es sich um die Abhandlung mit dem Titel *The Origin of Forms and Qualities according to Corpuscular Philosophy*, die 1666 erschienen ist.

³ LEIBNIZ, *Oeuvres philosophiques*, Ausg. RASPE, Amsterdam 1765, *Nouveaux Essais*, Buch VI, § 13.

ACHTES KAPITEL

Das Carnotsche Prinzip

Das Prinzip, das den Namen SADI CARNOTS trägt, datiert von dem kostbaren Werkchen, das 1824 unter dem Titel *Réflexions sur la puissance motrice du feu* erschienen ist und die einzige wissenschaftliche Veröffentlichung dieses genialen Mannes bildet, der so vorzeitig starb und dessen Leistung dennoch nach dem Zeugnis Lord KELVINS und LIPPMANNS¹ von keiner anderen während des ganzen XIX. Jahrhunderts übertroffen worden ist. CARNOT spricht dies Prinzip sozusagen nur beiläufig aus, ohne es im geringsten hervorzuheben; er scheint es nur deshalb zu schätzen, weil es ihm bei der Aufstellung von Regeln über das Funktionieren von Wärmekraftmaschinen behilflich ist; denn diese Regeln bilden das einzige sichtbare Ziel seiner Arbeit. Sieht man indessen genauer zu, so bemerkt man, daß er das Prinzip in seiner vollen Allgemeinheit erfaßt hat und daß unter diesem Gesichtspunkt die Nachwelt dem nur noch wenig hinzuzufügen hatte.

Möglicherweise hat trotz der wunderbaren Klarheit und Einfachheit des Werkchens die Art, in der CARNOT seine Gedanken dargestellt hat, dazu beigetragen, daß seine Zeitgenossen ihnen so wenig Verständnis entgegengebracht haben, und daß diese Gedanken während beinahe 30 Jahren der Vergessenheit anheimfielen; auch die Art, wie CLAPEYRON die Lehre seines Meisters darstellte, hat ohne Zweifel, wie man bemerkt hat, das ihre dazu getan; schließlich trug seit dem Erscheinen der Arbeiten von MAYER und JOULE auch der Umstand, daß CARNOT geglaubt hatte, die Erhaltung des Wärmestoffes voraussetzen zu müssen (obwohl er selbst zu jener Zeit bereits die Wärme als Bewegung betrachtete),² dazu bei, die Aufmerksamkeit von seiner Arbeit abzulenken. Wir werden jedoch bald sehen,

¹ LIPPMANN, *Cours de Thermodynamique*, Paris 1886, S. 3.

² Vgl. oben S. 211.

daß sich die Aufnahme, die sie fand, vielleicht noch aus einer tieferen Ursache erklären läßt.

CLAUSIUS, der beim Beginn seiner Arbeiten die seines großen Vorgängers nicht kannte, machte die Entdeckung noch einmal; ihm gebührt außerdem das große Verdienst, bewiesen zu haben, daß dieses Prinzip mit dem der Erhaltung der Energie in Einklang gebracht werden kann¹; endlich drückte er es präziser aus und machte es besser anwendbar auf die Erscheinungen der Thermodynamik, wodurch er es gleichzeitig gegen gewisse Einwände sicherte. CLAUSIUS sah sich übrigens in der Folge selbst genötigt, seinen ursprünglichen Ausdruck abzuändern, und später wurden noch andere Abänderungen vorgeschlagen. Mit den Arbeiten von CLAUSIUS trat das Prinzip endgültig in die Wissenschaft ein, wo seine große Bedeutung und Fruchtbarkeit bald anerkannt wurden. Deswegen bezeichnet man es zuweilen als das Clausiussche oder das Carnot-Clausiussche Prinzip, obwohl CLAUSIUS selbst in Anerkennung der unbestreitbaren Prioritätsrechte seines Vorgängers es nur mit dessen Namen bezeichnet hat.

DUHEM hat das Prinzip folgendermaßen formuliert: „Der Verwandlungswert einer Änderung ist gleich der Verminderung, die durch diese Änderung eine gewisse Größe erfährt, die von allen Zustandsgrößen des Systems, dagegen nicht von seiner Bewegung abhängt“.² Diese Größe ist das, was man die *Entropie* des Systems nennt; bei den thermischen Vorgängen hängt sie sehr eng mit der Temperatur zusammen, wodurch dieser Eigenschaft eine ganz besondere und sehr wesentliche Rolle zuerteilt wird. H. POINCARÉ gibt mehrere Formulierungen des Prinzips; die kürzeste ist die folgende: „Es ist unmöglich, eine Wärmemaschine mit einer ein-

¹ Die Arbeiten von CLAUSIUS sind in Poggendorfs Annalen von 1848 bis 1862 erschienen. Die Hauptarbeit, *Über die bewegende Kraft der Wärme* usw., stammt aus dem Jahre 1850. — Zu Anfang betrachtete CLAUSIUS genau wie CARNOT die Wärme als eine unzerstörbare Substanz (daselbst, Bd. LXXVI, 1849, S. 46). Erst vom nächsten Jahre ab hat er seine Ansichten über diesen Punkt berichtigt.

² DUHEM, *L'évolution de la mécanique*, S. 111. — MOURET (Anmerkungen zur franz. Übersetzung von MAXWELLS *Theory of Heat*, Paris 1891, S. 199) konstatiert, daß das Carnotsche Prinzip „mancherlei Formulierungen erfahren hat, was beweist, daß die Tatsache, die es ausdrückt, besser gefühlt als verstanden wird.“ DASTRE (*La vie et la mort*, Paris, o. D., S. 87) sagt: „Es ist sehr bemerkenswert, daß man von diesem Prinzip, welcher das Aussehen der Physik gänzlich gewandelt hat, keine recht allgemeine Formulierung geben kann.“

zigen Wärmequelle funktionieren zu lassen“.¹ Der Ausdruck „Quelle“ bezeichnet hier ganz allgemein einen Körper oder einen Inbegriff von Körpern, der Wärme abgeben oder aufnehmen kann, und damit eine Wärmemaschine funktioniere, braucht sie zwei Quellen, eine warme und eine kalte. Aus dieser Formulierung ersieht man vielleicht noch deutlicher als aus der von DUHEM, daß dieses Prinzip auf dem beruht, was POINCARÉ „das Clausiussche Axiom“ nennt: „Man kann Wärme nicht von einem kalten auf einen warmen Körper übergehen lassen“. In dieser Form hat CLAUSIUS zu allererst das ausgedrückt, was wir als das Carnotsche Prinzip bezeichnen. Man könnte es vielleicht auch das Carnotsche Axiom nennen; denn wenn CARNOT es nicht in diesen Worten ausgesprochen hat, so zweifellos deswegen, weil er es für hinreichend evident gehalten hat; aber es läßt sich nicht bestreiten, daß dies die wahre Grundlage seines Werkchens bildet, wie besonders daraus hervorgeht, daß er die Temperaturdifferenz zwischen zwei Körpern mit der Fallhöhe des Wassers vergleicht.²

Dieser Vergleich wird uns ermöglichen, die Natur des „Axioms“ zu erkennen. Ist es das, was LEIBNIZ eine „Vernunftwahrheit“ nannte?

Wir haben gesehen, daß die Gravitation, das Streben der Körper, sich der Erde zu nähern, sich in keiner Weise aus Überlegungen über Masse und Bewegung herleiten läßt; mit unserem Satz verhält es sich ebenso. Im Bewußtsein der wichtigen Rolle, welche die kinetischen Theorien im Bereiche der Thermodynamik gespielt haben, haben die Physiker häufig ganz mit Recht hervorgehoben, daß das Carnotsche Prinzip von ihnen gänzlich unabhängig ist und daß die Hypothesen über die mechanische Natur der Wärme in keiner Weise zu seiner Entdeckung beigetragen haben.³ Wir werden sogar bald

¹ H. POINCARÉ, *Thermodynamique*, S. 120. Diese Formulierung hat den Vorzug, den eigenen Gedanken CARNOTS sehr nahe zu kommen. Dieser benutzt allerdings nicht den Ausdruck *Quelle*, aber die Definition, die er von den von ihm benutzten Ausdrücken *foyer* (Feuerung) und *réfrigérant* (Kondensator) gibt, entspricht vollkommen dem Begriff der Quelle bei den modernen Physikern (vgl. *Réflexions*, Paris 1903, S. 17).

² S. CARNOT, a. a. O. S. 28. — Vgl. über die Vorbehalte, die man bei diesem Vergleich machen muß, unten S. 273.

³ DUHEM, a. a. O. S. 362. — HANNEQUIN (a. a. O. S. 140—141) ist dagegen der Meinung gewesen, daß das Carnotsche Prinzip von der mechanischen Theorie hätte vorausgesehen werden können, da doch der Raum den Atomen die Möglichkeit bietet, zu entfliehen. — Sicher sind in der reinen Deduktion

sehen, daß man ebenso wie bei der Schwerkraft auch bei diesem Prinzip auf große Schwierigkeiten stößt, wenn man es mit der Mechanistik in Einklang zu bringen versucht.

Kann man behaupten, daß das Axiom implizite in unserem Begriff von der Wärme enthalten sei? Gewiß, denn dieser Begriff ist zusammengesetzt, genau wie der der Materie, und umfaßt eine Gesamtheit von Eigenschaften, deren wesentlichste offenbar eine Tendenz ist, sich mitzuteilen. Aber ursprünglich ist die Wärme eine Empfindung, die wir in eine Qualität verwandeln. Man könnte einwenden, daß wir die Wärme nur fühlen, weil der warme Körper sie uns mitzuteilen bestrebt ist; aber die Tatsache, daß die Temperatur eines warmen Gegenstandes abnimmt, wenn ich ihn berühre, und daß die meiner Haut dabei zunimmt, beruht auf Beobachtung und hat als solche nichts mit meiner unmittelbaren Empfindung zu tun, für die Wärme etwas wie Röte oder Rundsein ist; ich spreche von einem warmen und einem kalten Körper in demselben Sinne, in dem ich von einem roten oder von einem runden Körper spreche. Wenn ich mir einen warmen Körper in Berührung mit einem kalten vorstelle, so ist nicht mehr „Grund“ dafür vorhanden, daß die Wärme von einem zum andern übergeht, als dafür, daß die Röte eines Körpers auf einen anderen überginge, der grün ist, oder die Rundheit auf einen der rechteckig ist. Die Tatsache, daß die Wärme eine unbesieglige Neigung zum „Abfärben“ hat, wie wir sagen würden, wenn es sich um eine Farbe handelte, beruht ganz auf Beobachtung, genau wie die Tatsache, daß die Körper das Bestreben haben zu fallen. Und — um die Analogie noch weiter zu treiben — man kann sich überzeugen, daß der Begriff des schweren Körpers keineswegs

auch Fortschritte möglich, das beweist die Mathematik; aber in den physikalischen Wissenschaften, wo es sich um verhältnismäßig einfache Deduktionen handelt, tut man im allgemeinen gut, solchen Schlüssen zu mißtrauen, für die HERBERT SPENCER eine Vorliebe hatte und die mehr oder weniger voraussetzen, daß die Männer, die in der Vergangenheit gedacht haben, unintelligent gewesen sind. Wenn die Sache nicht vorausgesehen worden ist, so kann man 100 gegen 1 wetten, daß es unmöglich war, sie vorausszusehen, d. h. daß nicht eine reine Deduktion vorliegt, sondern empirische Elemente mit eingehen. — In der Tat setzten die Atomisten zwar den Raum als unendlich voraus, nahmen aber gleichzeitig mindestens implizite eine unendliche Anzahl von Atomen an, so daß die, die entflohen, durch andere aus der Unendlichkeit des Raumes kommende ersetzt wurden. Vgl. LUKREZ, Buch I, Vers 1050 *Infinita opus est vis undique materiae*, der gerade als Schlußsatz eines Beweises vorkommt, worin die Notwendigkeit einer unendlichen Anzahl von Atomen aus der Beständigkeit der Gesetze und Dinge in der Zeit hergeleitet wird.

den der Bewegung umfaßt, im Gegensatz zu Behauptungen, die zuweilen aufgestellt werden. Bei der Bildung jenes Begriffs denken wir an unsere Anstrengung, die in der Tat eine unmittelbare Empfindung ist; aber diese Empfindung ist gänzlich verschieden von der Empfindung der Bewegung, sie ist unabhängig von ihr und kann aus ihr nicht abgeleitet werden.

Übrigens reicht sowohl bei der Schwere wie bei der Wärme die Evidenz nur so weit, wie es sich um einfache Vorgänge handelt; sobald diese verwickelter werden, wird unsere Überzeugung wankend. Daß ein Körper ständig bestrebt sein muß zu fallen und nicht durch sein eigenes Gewicht wieder in die Höhe steigen kann, das erscheint uns als unbestreitbar; dennoch gelingt es unserem Verstand nicht ohne die Hilfe des Kausalprinzips, die Unmöglichkeit selbst des rein mechanischen *perpetuum mobile a priori* einzusehen, wenn es mit komplizierten Hilfsmitteln verwirklicht werden soll (S. 214). Ebenso sind wir ganz sicher, daß die Wärme nicht unmittelbar von einem kalten auf einen warmen Körper überzugehen vermag. Aber CLAUSIUS selbst hat sehr wohl erkannt, daß diese Überzeugung nur unter „gewöhnlichen Umständen“ besteht. Schon bei der Strahlung, sagt er, kann man sich fragen, ob es nicht möglich ist, durch eine künstliche Konzentration von Wärmestrahlen mit Hilfe von Spiegeln oder Brenngläsern eine höhere Temperatur zu erzeugen, als der strahlende Körper sie hat, und so zu bewirken, daß Wärme auf einen wärmeren Körper übergeht.¹ Bekanntlich haben in der Folgezeit vielfache Diskussionen über die Frage stattgefunden, ob das Carnotsche Prinzip unter allen Umständen gilt, und wir werden sogleich sehen, daß einer der hervorragendsten Köpfe, einer der Begründer unserer heutigen Thermodynamik, Aussagen formuliert hat, welche die direkte Leugnung des Clausiusschen Axioms nach sich ziehen. Denkt man genauer darüber nach, so wird man finden, daß für unser unmittelbares Gefühl die Tatsache, daß ein Körper erhebliche Wärmemengen aufnehmen kann, ohne daß seine Temperatur sich ändert, wie wir das etwa beim schmelzenden Schnee beobachten, ungefähr ebenso überraschend ist, wie ein Übergang der Wärme von einem kalten auf einen warmen Körper es sein würde.

¹ CLAUSIUS, *Die mechanische Wärmetheorie*, 2. Aufl., Braunschweig 1876, Bd. 1, S. 315.

Das Axiom sagt also eine Tatsachenwahrheit aus, ein Verhalten der warmen Körper. Diese Wahrheit erscheint uns als eine ganz allgemeine und wesentliche in dem Sinne, daß sie alle Wärmeerscheinungen beherrscht. Man hat sich gewöhnt, in den Lehrbüchern die Erscheinungen dieser Art erst zu behandeln, nachdem man zuvor ziemlich verwickelte Betrachtungen über thermodynamische Vorgänge angestellt hat; aber diese Darstellungsart ist in Wirklichkeit, wie ARIÈS und MOURET¹ hervorgehoben haben, zwar vom historischen Standpunkte aus berechtigt, nicht aber vom logischen. Man kann sich übrigens leicht davon überzeugen, daß unser Axiom gleich am Beginn der Wärmelehre ausdrücklich mit postuliert wird. Wie kann man die Temperatur definieren? „Nach der Definition, sagt POINCARÉ, sind zwei Körper auf gleicher Temperatur oder im Temperaturgleichgewicht, wenn sie zur Berührung gebracht ihr Volumen nicht ändern“.² Das setzt offenbar voraus, daß zwei Körper, wenn sie einander benachbart sind, immer bestrebt sind, ihre Temperaturen auszugleichen oder ein Temperaturgleichgewicht herzustellen; das aber ist gerade das „Clausiusche Axiom“.

Dieses Verhalten der warmen Körper erscheint uns zu gleicher Zeit als sehr speziell. Betrachten wir einen runden oder roten Körper, so macht seine Qualität ohne Zweifel den Eindruck von etwas, das sich ändern kann, ohne daß die Substanz des Körpers eine Modifikation zu erleiden braucht; nach der scholastischen Ausdrucksweise sind das Akzidenzien. Aber diese Akzidenzien enthalten in sich keinerlei Tendenz zur Veränderung. Anders die Wärme; bringt man zwei Körper von verschiedener Temperatur zusammen, so bewahrt nicht jeder seine Qualität, sondern sie wirken sofort aufeinander ein, und jeder ist bestrebt, seine eigene Qualität und die des anderen zu verändern. Es besteht hier also ein Streben nach einer Modifikation des Seienden in der Richtung auf einen künftigen noch nicht verwirklichten Zustand, den wir Gleichgewicht nennen. Daß CARNOT das Prinzip (vielleicht besser als CLAUSIUS und viele seiner Nachfolger) unter diesem Gesichtspunkt in seiner Allgemeinheit und wahren Natur erkannt hat, das ist von MOURET einwandfrei fest-

¹ ARIÈS, *Chaleur et énergie*, Paris, o. D., S. 12 f. G. MOURET, *L'entropie*, Paris 1896, S. 4.

² H. POINCARÉ, a. a. O. S. 16.

gestellt worden.¹ Vor einiger Zeit hat HELM ein Prinzip aufgestellt, das anscheinend allgemeiner als das Carnotsche ist²; Naturforscher wie OSTWALD³ und Philosophen wie LASSWITZ⁴ scheinen ihm eine große Bedeutung beizulegen. Obwohl wir nicht bestreiten wollen, daß hier ein Versuch vorliegt, der vom Standpunkt der Präzision und des Parallelismus gewisser Bezeichnungsweisen interessant sein mag, so scheint uns doch dieses Prinzip zu der Carnotschen Vorstellung von der Herstellung oder Wiederherstellung des Gleichgewichts nichts Wesentliches hinzuzufügen.

Andererseits sind derartige Verallgemeinerungen nicht frei von Gefahren. Tatsächlich nimmt nämlich die Wärme eine ganz besondere Stellung ein, nicht nur als Qualität, sondern auch als Energieform betrachtet. Man vergleicht die Temperatur mit einem Niveau; in gewissem Sinne ist dieser Vergleich berechtigt, und wir haben oben (S. 269) gesehen, daß CARNOT selbst ihn benutzt hat. Man darf aber nicht aus den Augen verlieren, daß die Analogie nur eine teilweise ist und daß man zu Irrtümern gelangt, wenn man sie zu weit treibt. Das Wasser strebt von einem erhöhten Niveau nach abwärts, und in zwei kommunizierenden Gefäßen strebt es nach einem Gleichgewichtszustand, der sich durch die Niveaugleichheit kundgibt. Auf den ersten Blick mag es so aussehen, als verhielte sich die Wärme genau so. Aber wenn das Wasser herabfällt, so erhält es eine lebendige Kraft oder kinetische Energie (zur Bezeichnung dieser Äquivalenz wurden ja gerade die Ausdrücke „kinetische“ und „potentielle“ Energie geschaffen). Äußerlich wird es die so erworbene Fähigkeit dadurch zeigen, daß es unter geeigneten Umständen wieder bis zu der Höhe emporsteigt, von der es herabgefallen war. Ebenso wird das Pendel, das man aus seiner senkrechten Lage gebracht hat, die Tendenz zeigen, in sie zurückzukehren; aber es wird alsbald über sie hinaussteigen und auf der anderen Seite die Höhe wieder erreichen, die es eben verlassen hat. Also stellt sich das Gleichgewicht nicht unmittelbar her; zuerst beobachten wir im Falle des Pendels Schwingungen. Man kann leicht den Versuch mit dem fallenden Wasser so anordnen, daß auch

¹ G. MOURET, *Sadi Carnot et la science de l'énergie*, Revue générale des sciences, Bd. III, 1892, S. 467 f.

² GEORG HELM, *Die Lehre von der Energie*, Leipzig 1887, S. 61 ff.

³ OSTWALD, *Vorlesungen über Naturphilosophie*, Leipzig 1902, S. 246—265.

⁴ LASSWITZ, *Wirklichkeiten*, 2. Aufl., Leipzig 1903, S. 105 ff.

hier die Schwingungen sichtbar werden. Schon NEWTON hat die Schwingungen einer Wassersäule in einer gebogenen Röhre unter Zugrundelegung der Pendelgesetze untersucht.¹

Bei der Wärme findet nichts Ähnliches statt. Wenn wir uns für den Augenblick (wie CARNOT) auf den Boden der Wärmestoffhypothese stellen, so müssen wir sagen, daß dieser Stoff eine Substanz ohne jede Trägheit ist, im Gegensatz zu allen materiellen Substanzen: durch die Tatsache seiner Bewegung erlangt er keinerlei lebendige Kraft, welche die Tendenz hätte, ihn die Gleichgewichtslage überschreiten zu lassen. Dies Gleichgewicht stellt sich nicht durch Schwingungen her, sondern durch eine immer fortschreitende asymptotische, doch direkte Annäherung.

Außerdem leuchtet es ein, daß, wenn im Falle des Pendels das Gleichgewicht schließlich erreicht wird, dies letzten Endes der Reibung zu verdanken ist; träte diese nicht hinzu, so würden die Schwingungen unbegrenzt fort dauern. Derselbe Fall liegt bei NEWTONS in der Röhre schwingender Wassersäule vor und ebenso bei Wasser, das in ein Becken fällt und dessen lebendige Kraft sich infolge von Reibung usw. in Wärme verwandelt, die sich dann ihrerseits zerstreut. Was also hier eine Rolle spielt, das ist die Neigung der anderen Energieformen, sich zu Wärme zu *entwerten*; dem entspricht die Tendenz der Wärme, sich zu zerstreuen. Das Gleichgewicht hat sich schließlich auf Grund des Carnotschen Prinzips und seiner unmittelbaren Konsequenzen hergestellt, nicht aber auf Grund eines Satzes, der ihm analog aber auf die Erscheinung der Schwere anwendbar wäre. Die rein mechanischen Vorgänge sind die der „reinen“ Mechanik, und die erscheinen uns, wie wir sahen, als völlig reversibel.²

Schon durch seine äußere Gestalt unterscheidet sich das Carnotsche Prinzip deutlich von den gewöhnlichen Sätzen der Wissenschaft. Prinzipie oder Gesetze der Physik werden im allgemeinen in Form von Gleichungen formuliert; nun läßt sich aber das Carnotsche Prinzip nicht auf diese Gestalt bringen. Die Physiker, die das konstatierten,

¹ NEWTON, *Mathematische Prinzipien der Naturlehre*, S. 358 f.

² Wir werden weiter unten sehen, daß man sich trotzdem bemüht hat, mechanische Deutungen für das Carnotsche Prinzip zu finden; aber dazu mußte man ganz spezielle Vorstellungen zu Hilfe nehmen, sei es, daß man verborgene Massen einführte, sei es, daß man *statistische* Betrachtungen anstellte. Vgl. S. 287 f.

haben zuweilen darob eine gewisse Verlegenheit zur Schau getragen; das ging so weit, daß man versucht hat, die Tatsache, die nahezu als eine anstößige Unregelmäßigkeit erschien, dadurch abzuschwächen, daß man bemerkte, die Präzision der Gesetze sei immer durch Beobachtungsfehler begrenzt. Aber POINCARÉ hat sich darüber volle Rechenschaft gegeben, daß diese Unregelmäßigkeit einen tieferen Grund hat, der mit der Natur des Prinzips selbst zusammenhängt.¹ Für uns ergibt sich dieser Grund leicht aus dem Vorangehenden. Wir haben ja gesehen, daß nicht allein bei den Erhaltungsprinzipen, sondern ganz allgemein bei den Aussagen der Wissenschaft die ständige, wenn auch unbewußte Sorge um die Kausalität oder die Identität in der Zeit im Hintergrunde steht. Daher die Tendenz, der Regel, die den Verlauf der Veränderung bestimmt, eine solche Form zu geben, daß dadurch das hervortritt, was bei der Veränderung erhalten bleibt; äußerlich zeigt sich diese Tendenz in der Form der Gleichung, bei der die Veränderung sozusagen beseitigt ist. Demgegenüber ist das Carnotsche Prinzip ganz offenkundig kein Erhaltungs-, sondern ein Änderungsprinzip. Es behauptet keine Identität, nicht einmal eine scheinbare, sondern eine Verschiedenheit. Wenn ein Zustand gegeben ist, so besagt das Prinzip, daß er sich ändern muß, und zwar in einer bestimmten Richtung. Es ist ein Prinzip des Werdens, „des Geschehens“, wie OSTWALD mit Bezug auf das Helmsche Prinzip sehr gut sagt. Darin besteht die Originalität des Prinzips und seine Fruchtbarkeit für die Wissenschaft.

Im Gegensatz zu den Illusionen der Identität, welche die mechanischen Theorien, die Erhaltungsprinzipie und sogar die Form der Gesetze im allgemeinen zu erwecken geneigt sind, stellt das Carnotsche Prinzip fest, daß das ganze Weltall sich mit der Zeit in einer bestimmten Richtung verändert. Das hat CLAUSIUS sehr klar ausgesprochen: „Man hört oft sagen, alles in der Welt verlaufe im Kreise, während an einem Ort zu einer gewissen Zeit gewisse Umwandlungen stattfinden, vollziehen sich andere Umwandlungen im entgegengesetzten Sinne an einem anderen Ort zu einer anderen Zeit, so daß dieselben Zustände sich im allgemeinen wiederholen und der Zustand der Welt ungeändert bleibt, wenn man die Dinge im großen und allgemein betrachtet. Die Welt kann also ewig fortfahren auf dieselbe Weise zu bestehen. — Als der erste

¹ H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse*, S. 162.

Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie aufgestellt wurde, konnte man ihn vielleicht als eine eklatante Bestätigung der erwähnten Meinung ansehen. Der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie widerspricht dieser Ansicht in der allerformellsten Weise . . . Daraus ergibt sich, daß der Zustand des Universums sich immer mehr in einem bestimmten Sinne ändern muß¹. Die Welt scheint uns (sofern wir uns nicht etwa auf ihre Unendlichkeit berufen) einem Ziele zuzustreben, wenn dieses uns auch als unendlich entfernt vorkommen mag.

Wir haben gesehen, daß den Erhaltungsprinzipien die Eigentümlichkeit gemeinsam ist, daß unser Verstand sie zuweilen vorausahnt und sie stets gern annimmt. Man wird nicht überrascht davon sein, daß das Carnotsche Prinzip, das ja ihr Gegenstück ist, keineswegs an dieser „Plausibilität“ teil hat. Sicher ist es von der Wissenschaft nur mit Widerstreben angenommen worden. Es mutet schon merkwürdig an, wenn man sich überlegt, wie spät das Prinzip auftaucht. Gewiß ist die Erhaltung der Materie an sich eine sehr einfache Aussage. Aber schließlich behauptet sie doch etwas, was im Gegensatz zu sehr vielen Erscheinungen zu stehen scheint, die wir tagtäglich beobachten, wie z. B. die Verdampfung oder die Verbrennung. Die Trägheit ist eine paradoxe und übrigens durch die unmittelbare Erfahrung keineswegs bestätigte Vorstellung. Aber wenn man auch noch allenfalls verstehen kann, daß diese beiden Prinzipie früher als das Carnotsche ausgesprochen worden sind, so ist es sehr schwer zu erklären, daß das Energieprinzip früher gefunden wurde, obwohl es doch eine komplizierte Behauptung darstellt, die sich in Worten gar nicht genau ausdrücken läßt, sobald man über die rein mechanischen Vorgänge hinausgeht.² Die Grundlage des Carnotschen Prinzips, das Clausiussche Axiom: „Die Wärme geht von selbst von einem warmen zu einem kalten Körper über, aber nicht umgekehrt“, stellt dagegen eine einfache Aussage dar, die eine unendliche Zahl von täglichen Beobachtungen zusammenfaßt. Sein wirklicher Platz ist, wie wir sahen, ganz am Anfang der Wärmelehre. Dennoch wird die Erhaltung der Energie, nachdem DESCARTES sie geahnt hatte, bereits gegen Ende des XVII. Jahrhun-

¹ R. CLAUDIUS, *Le second principe fondamental de la théorie mécanique de la chaleur*, Revue des cours scientifiques, 1868, S. 158.

² Vgl. S. 220, Anm. 2, und unten S. 292 f.

derts, wenngleich noch in sehr hypothetischer Form, von HUYGENS und LEIBNIZ ausgesprochen. Erst mehr als ein Jahrhundert später formulierte SADI CARNOT sein Prinzip, und bis seine Bedeutung anerkannt zu werden begann, vergingen noch weitere dreißig Jahre.

Nirgends finden wir vor CARNOT eine wirkliche Vorahnung seines Prinzips; nur ganz entfernte Anklänge kann man anführen. Am bekanntesten und auch am wichtigsten sind in dieser Hinsicht die Stellen, an denen HERAKLIT sein *πάντα ῥεῖ* verkündet, d. h. den ewigen Fluß der Dinge. „HERAKLIT sagt, daß alles vorübergeht und nichts bestehen bleibt, und indem er das Seiende mit dem Lauf eines Flusses vergleicht, behauptet er, daß man nicht zweimal in denselben Fluß steige“. „Alles was ist, ist in Bewegung und nichts steht still“. Indessen war HERAKLIT überzeugt, daß dieses Fließen im Kreise stattfindet, daß der Strom wieder zu seinem Ursprung zurückkehre. Das ist vielleicht derjenige Teil seiner Lehre, den wir am besten kennen und der uns durch die am wenigsten dunklen Fragmente überliefert ist. Er hatte für diese Lehre von der ewigen Wiederkehr einen anschaulichen Ausdruck gefunden, er sprach von dem „großen Jahr“, an dessen Ende alle Ereignisse wieder anfangen sollten.¹ Es besteht also ein grundlegender Unterschied zwischen seinen Ideen und denen, die sich für uns aus dem Carnotschen Prinzip ergeben; denn diese stellen uns vor eine unaufhörliche Veränderung, bei der jede Annahme einer Wiederkehr ausgeschlossen ist. — Man kann in diesem Zusammenhang auch ARISTOTELES anführen, der von dem Sein spricht, das sich zu vollenden strebt, so daß „man aus einem Manne nicht wieder zum Kinde wird“,² woraus hervorzugehen scheint, daß ARISTOTELES ein deutliches Gefühl dafür gehabt hat, daß der Ablauf der Erscheinungen in einer bestimmten Richtung erfolgt und etwas Irreversibles an sich hat. In dieselbe Gedankenrichtung gehören auch die von DUHEM angeführten Vorstellungen LEONARDO DA VINCI und CARDANOS, über die Kraft, welche die Ruhe sucht; gehen doch auch diese Vorstellungen auf die Scholastik und damit indirekt auf ARISTOTELES zurück.³ Weiter könnte man noch etwas anführen, was weniger auf das Carnotsche Prinzip selbst als auf seine mechanische Deutung Bezug hat, nämlich

¹ Vgl. unten S. 283 und Anhang III.

² ARISTOTELES, *Metaphysik*, II, 2.

³ DUHEM, *Origines de la statique*, S. 53, 58—60.

die Hypothese des ANAXAGORAS von der Gleichförmigkeit, die sich aus der Mischung heterogener Elemente ergibt,¹ sowie eine Stelle bei DESCARTES, wo er behauptet, daß die Bewegung häufiger von größeren auf kleinere Körper übergehen müsse als umgekehrt.² So interessant auch manche dieser Äußerungen sein mögen, so leuchtet es doch ein, daß sie nur in sehr mittelbarem Zusammenhang mit dem stehen, was wir das Carnotsche Prinzip nennen.

Die lange Vergessenheit, der die Gedanken CARNOTS anheimfielen, bis sie durch CLAUSIUS ans Licht gezogen wurden, ist gleichfalls sehr bemerkenswert. CARNOT wurde nicht wie J. REY oder J. R. MAYER zu den zununftfremden Leuten gerechnet; im Gegenteil, seine Kompetenz wurde von niemand bestritten. Sein Werkchen blieb nicht unbemerkt, und die praktischen Anwendungen, die CARNOT von seinem Prinzip gemacht hatte, behielten ihren Platz in der Wissenschaft.³ CLAPEYRON freilich verdarb die Lehre des Meisters; aber man muß wohl annehmen, daß er und seine Zeitgenossen dieser Lehre gegenüber eine merkwürdige Verständnislosigkeit bewiesen haben.

Der Eindruck, den man aus diesem geschichtlichen Rückblick gewinnt, wird bestätigt, wenn wir unsere Blicke der zeitgenössischen Wissenschaft zuwenden. Wir haben oben von der Stellung gesprochen, die das Prinzip in den Lehrbüchern einnimmt. Offenbar wird von Anfang an die Irreversibilität des Wärmeübergangs implizite behauptet. Aber es sieht so aus, als ließe man diese Wahrheit absichtlich so lange wie möglich im Dunkeln. Bei der Besprechung der Erhaltungsprinzipien haben wir gesehen, mit was für Scheinbeweisen man sich für gewöhnlich bei ihnen zufrieden gibt und wie man niemals Bedenken trägt, seine Zuflucht zu den gewagtesten Extrapolationen zu nehmen. Mit diesen voreiligen Verallgemeinerungen vergleiche man das Verfahren, das man beim Carnotschen Prinzip

¹ Vgl. P. TANNERY, *Pour l'histoire de la science hellène*, Paris 1887, S. 206—287. — Es ist indessen zu bemerken, daß für ANAXAGORAS die Richtung der Entwicklung genau die entgegengesetzte von der ist, die wir auf Grund des Carnotschen Prinzips annehmen müssen; er behauptet, im Anfang sei alles miteinander vermengt gewesen und die Dinge hätten sich erst später unter dem Einfluß einer Intelligenz differenziert (daselbst, S. 298, Fragment 8).

² DESCARTES, *Principes*, Teil III, Kap. 88.

³ Man findet CARNOT u. a. als Autorität bei HELMHOLTZ zitiert in dessen berühmter Arbeit von 1847 über die Erhaltung der Kraft (*Wissenschaftliche Abhandlungen*, Bd. 1, S. 17).

anzuwenden für nötig hält. Der ebenso durch seine Strenge wie durch seine Vorsicht bewunderungswürdige Beweis, den POINCARÉ in seiner *Thermodynamique* gibt, ist ein Muster dieser Art. Der Gegensatz wird vielleicht noch schärfer, wenn wir uns von der eigentlichen Wissenschaft ab- und den populären Darstellungen zuwenden. Solange es sich um die Erhaltungsprinzipie handelt, erscheint keine Verallgemeinerung zu weit, keine Metapher zu kühn. Daß die Energie (zuweilen spricht man auch noch von *Kraft*, weil dieser Ausdruck mehr zu umfassen scheint), daß die Materie (ein Ausdruck, dessen Unbestimmtheit ihn besonders geeignet macht) erhalten bleiben, das erscheint wirklich als Gewähr dafür, daß das, was gewesen ist, auch weiter sein wird, daß „nichts entsteht und nichts vergeht“, daß es „nichts Neues unter der Sonne gibt“. Das Carnotsche Prinzip dagegen und der Beweis der Irreversibilität, der ihm zugrunde liegt, sie werden im allgemeinen entweder mit Stillschweigen übergangen oder so „erklärt“, daß die Identität wiederhergestellt wird. Unter diesen Umständen wird man es den Philosophen nicht verübeln, daß sie diesem Beispiel nur allzu oft gefolgt sind und sich damit begnügt haben, die Ergebnisse der Wissenschaft hinzunehmen, so wie diese sie ihnen darzubieten schien, und sich ihrer scheinbaren „philosophischen“ Allgemeinheit zu freuen.

Diese Überlegungen werden auch durch folgende Tatsache bestätigt: kaum hatte CLAUSIUS das Carnotsche Prinzip fest in der Wissenschaft verankert, so tauchten auch schon Versuche auf, seinen Konsequenzen zu entgehen. Gewiß konnte man das Grundphänomen nicht leugnen und ebenso wenig die Sätze, die daraus mit absoluter Strenge hergeleitet wurden. Aber man empfand etwas wie einen geheimen Widerwillen gegen die Vorstellung, daß das Weltall sich fortgesetzt in der gleichen Richtung verändern sollte. HELM hat diese Geisteshaltung der Zeitgenossen von CLAUSIUS sehr gut erkannt und herausgefunden, daß sie ihre Quelle in den Ideen der Erhaltung hatte.¹ Man kann aber die Äußerungen derselben Geisteshaltung bis hinein in eine viel spätere Epoche, ja bis auf unsere Tage verfolgen*. Ein sehr kennzeichnendes Beispiel hierfür finden wir bei HAECKEL. „Wenn diese Lehre von der Entropie richtig wäre, so müßte dem angenommenen ‚Ende der Welt‘ auch ein ursprünglicher

¹ G. HELM, *Die Lehre von der Energie*, Leipzig 1887, S. 53.

* Diese Zeilen sind im Jahre 1907 niedergeschrieben worden. Ltn.

Anfang derselben entsprechen . . . Beide Vorstellungen sind nach unserer monistischen und streng konsequenten Auffassung des ewigen kosmogenetischen Prozesses gleich unhaltbar; beide widersprechen dem Substanzgesetz . . . Der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie widerspricht dem ersten und muß aufgegeben werden.“ Das Carnotsche Prinzip ist nur auf „einzelne Prozesse“ anwendbar, aber „im großen Ganzen des Weltalls herrschen ganz andere Verhältnisse“. ¹ Erklärungen gleichen Sinnes liest man bei ARRHENIUS. Dieser Forscher hält es für notwendig, uns von den Schwierigkeiten der Clausiusschen Theorie zu *befreien*. „Wenn CLAUDIUS Recht hätte, so müßte dieser Wärmetod in der unendlich langen Zeit seit dem Bestehen der Welt schon eingetreten sein.“ Andererseits kann man auch nicht annehmen, daß die Welt einen Anfang gehabt habe, denn die Energie kann nicht erschaffen worden sein. Infolgedessen „ist uns das ganz unbegreiflich“. ² Man erkennt deutlich, daß es sich sowohl bei HAECKEL wie bei ARRHENIUS um eine apriorische Tendenz handelt, die vor und über aller Erfahrung steht. Sie nehmen an der Tatsache Anstoß, daß wir uns nach dem Carnotschen Prinzip an einer bestimmten Stelle einer fortlaufenden Entwicklung befinden sollen. Der Mangel an Identität zwischen dem Antezedens und dem Konsequens macht die Annahme von etwas schlechthin *Gegebenem* erforderlich, das uns notwendig als unerklärbar erscheinen muß genau wie die Mannigfaltigkeit, die die Materie im Raum hervorbringt und von der wir uns zu befreien suchen, indem wir die Materie dem Äther und damit dem Raum selbst angleichen.

Offenbar sind aus dieser tief eingewurzelten Tendenz die vielerlei Hypothesen entstanden, die man aufgestellt hat, um die Umwandlung und Rekonzentration der durch die Sonnenstrahlung verloren gegangenen Wärme zu beweisen. ³ Berichten wir kurz über die Theorie,

¹ HAECKEL, *Die Welträtsel*, Stuttgart, Volksausgabe, S. 100.

² ARRHENIUS, *Das Werden der Welten*, dtsh. v. BAMBERGER, Leipzig 1907, S. 173.

³ Die Darstellung einer der Rankineschen ähnlichen Hypothese findet sich bei SIEMENS, *Scientific Works*, London 1889, S. 433. Ähnliche Annahmen hat u. a. LYELL ausgesprochen in *Principles of Geology*, 10. Aufl., London 1868, S. 242, und später ZEENDER, *Die Mechanik des Weltalls*, Freiburg 1897, S. 166, sowie ARRHENIUS, a. a. O. Vgl. über die Einwände, die gegen die Hypothese von ARRHENIUS zu erheben sind: H. POINCARÉ, *Leçons sur les hypothèses cosmogoniques*, Paris 1911. POINCARÉ kommt zu dem Schluß, daß in diesem System der Wärmetod des Weltalls nur hinausgeschoben wäre

die MACQUORN RANKINE aufgestellt hat und die um so bemerkenswerter ist, als sie von einem der hervorragendsten Physiker und einem der Schöpfer der Thermodynamik¹ herrührt. Das Ziel, das er verfolgt, hat RANKINE deutlich im Titel seiner Arbeit angegeben: *Über die Rekonzentration der mechanischen Energie des Weltalls*.² Nachdem er festgestellt hat, daß „im gegenwärtigen Zustand der uns bekannten Welt“ die Tendenz zur Verwandlung aller Energieformen in Wärme und Zerstreuung dieser letzteren die ganze Natur beherrscht, fragt sich der Verfasser, ob man sich vorstellen könne, daß diese Energie wieder konzentriert würde. Der Weltenraum muß von einem vollkommen durchsichtigen und wärmedurchlässigen Medium erfüllt sein; dieses ist also nicht imstande, das Licht oder die strahlende Wärme in etwas anderes zu verwandeln. Nehmen wir nun an, dieses Medium besäße rings um die sichtbare Welt überall feste Grenzen, jenseits deren nur noch leerer Raum vorhanden sei. Dann müßte die Wärme, die von der sichtbaren Welt ausgestrahlt wird, wenn sie diese Grenzen erreicht, reflektiert und gegebenenfalls in Brennpunkten konzentriert werden. In jedem dieser Brennpunkte wäre die Hitze so groß, daß, wenn ein Himmelskörper dorthin käme, der in dieser seiner Entwicklungsperiode nur noch eine völlig erloschene Masse darstellt, er sofort verflüchtigt und in seine Elemente aufgelöst werden würde, wodurch eine Anhäufung von chemischer Energie entstünde. RANKINE schließt, indem er sich fragt, ob vielleicht einige der leuchtenden Punkte, die wir im fernen Weltraum erblicken, nicht wirkliche Sterne, sondern eben solche Brennpunkte im interstellaren Äther sein mögen.

Es ist kaum nötig zu sagen, daß diese eigenartige Hypothese zu einer Menge von Einwänden Anlaß gibt. Um nur den nächstliegenden zu nennen, so müssen wir dem Äther eine enorme Elastizität zuschreiben. Wie kann man dann aber annehmen, daß er einfach irgendwo aufhört? Dazu bedürfte es einer diamantenen Mauer. Das Merkwürdigste aber ist, daß RANKINE, ohne darauf zu

(S. 256) und daß wir auf jeden Fall auf den Traum von der „ewigen Wiederkehr“ und der fortdauernden Wiedergeburt der Welt verzichten müßten (S. XXIII). Es handelt sich also, kurz gesagt, um eine Erklärung durch das *sehr Große* wie bei derjenigen, welche die radioaktiven Stoffe heranzieht, oder bei der Boltzmannschen Hypothese (vgl. unten S. 286 ff.).

¹ Das ist MAXWELLS Ansicht. *Scientific Papers*, Bd. II, S. 62.

² M. RANKINE, *On the Reconciliation of the Mechanical Energy of the Universe*, Phil. Mag. IV, 4, 1852, S. 358 ff.

achten, gegen die Grundlage des Carnotschen Prinzips selbst verstößt; denn er nimmt an, daß die Wärme instande sei, durch Strahlung direkt von kälteren Körpern (den Körpern der sichtbaren Welt) zu wärmeren (den „Brennpunkten“ des interstellaren Raumes) überzugehen. CLAUSIUS war es, der die Aufmerksamkeit auf diesen Verstoß gelenkt hat.¹ Möglicherweise hat übrigens RANKINE selbst das ein wenig gefühlt; denn in einem Teil der fraglichen Arbeit scheint er vorsichtigerweise vorzuschlagen, für die Gegenwart die Zerstreuung der Energie anzunehmen und ihre „Rekonzentration“ einer „unendlich fernen“ Zukunft vorzubehalten.

Man entgeht durch dieses Mittel dem Zwange des Gesetzes der Veränderung, indem man annimmt, daß die Veränderung in einer zukünftigen Periode im umgekehrten Sinne ablaufen werde, um offenbar nach Beendigung dieser neuen Periode wieder im alten Sinne zu verlaufen. Anders ausgedrückt: man hält die strenge Identität nicht aufrecht, aber man kommt über die Periodizität indirekt wieder auf sie zurück. Es ist das dieselbe Vorstellung, die HERBERT SPENCER in seiner bekannten Theorie von den beiden „Halbperioden der Organisation und Desorganisation“ ausführlich entwickelt. Daß sie eine sehr alte Ausflucht gebrauchten, dessen war RANKINE sich nicht bewußt, vielleicht auch SPENCER nicht. Aber die hier berührten Fragen hängen mit den ewigen Problemen des Menschengesistes zusammen; hier vor allem hat das „nichts Neues unter der Sonne“ Aussicht, wenigstens teilweise zur Geltung zu kommen; man darf sich also nicht wundern, wenn die Zeitalter ein wenig durcheinander geraten. Offensichtlich wußten die Alten nichts vom Carnotschen Prinzip. Aber wenn auch dieses Prinzip den ungeheueren Vorteil bietet, daß es die Tatsache der Irreversibilität der Vorgänge in eine wissenschaftliche Form kleidet, so läßt sich doch nicht bestreiten, daß die Menschheit sich zu allen Zeiten dieser Tatsache mehr oder weniger dunkel bewußt war. Wir alle haben ein unmittelbares Gefühl dafür, daß die Vorgänge sich in einer bestimmten Richtung abspielen, daß sie einen Anfang und ein Ende haben, daß das Heute dem Gestern nicht in jeder Hinsicht gleicht, kurz, daß die Zeit abläuft. Indessen zeigt sich, daß gewisse Dinge im ewigen Fluß der Erscheinungen wenn auch nicht mit sich selbst identisch bleiben, so doch zyklischen Verände-

¹ Vgl. VERDET, *Théorie mécanique de la chaleur*, Paris 1868—72, S. 167.

rungen unterliegen, die sie zu ihrem Ausgangspunkt zurückbringen. Tag und Nacht, die Mondphasen, die Jahreszeiten folgen einander in bestimmter Ordnung, und die Entwicklung der Lebewesen läßt sich zwar nicht nach Belieben umkehren, erneuert sich aber fortdauernd und erzeugt so automatisch immer von neuem in gewissen Intervallen identische oder sehr ähnliche Situationen. Und so entsteht auf ganz natürliche Weise die Annahme, daß das Weltall, wenngleich es nicht unwandelbar ist, wie die strenge Kausalität es fordert, sich doch nur längs einer geschlossenen Kurve bewegt und nach bestimmter Zeit zu seinem früheren Zustand zurückkehrt. Das ist die Schlange, die sich in den Schwanz beißt, der Ouroboros. Solche Hypothesen findet man in der Religion der Inder. Beiden Griechen haben sie ihren Ausdruck in der heraklitischen Vorstellung vom „großen Jahr“ gefunden, woraus dann des EMPEDOKLES Lehre von den „Zyklen“ geworden ist, die später von den Stoikern mit durchaus wissenschaftlicher Strenge entwickelt wurde.¹ An dieselbe Vorstellung knüpft auch VERGIL an, wenn er prophezeit, daß die Ereignisse der Vergangenheit sich wiederholen werden und daß „der große Achill von neuem gegen Troja gesandt werden wird“.² Das sind Gedanken, die denen von RANKINE und SPENCER offenbar nahe verwandt sind. Der einzige Unterschied liegt darin, daß wir Millionen oder Billionen von Jahren benötigen, wo sich die Antike mit Jahrtausenden begnügen konnte; denn unsere Wissenschaft reicht viel weiter als die der Inder und der Griechen. Allerdings nimmt HERBERT SPENCER an, daß das Weltsystem zwar nach zwei Halbperioden zu seinem ursprünglichen Zustand des Urnebels zurückkehrt, daß es aber in seiner zweiten Entwicklung nicht dieselben Zustände durchläuft wie das erste Mal. Das ist aber eine Inkonsequenz, wie RENOUVIER sehr richtig hervorhebt,³ und die Stoiker waren konsequenter, wenn sie annahmen, daß die Welt vermöge des ihr innewohnenden Gesetzes der spontanen Entwicklung genau dieselbe Natur wieder hervorbringen werde, dieselben Wesen mit den gleichen Eigenschaften, dieselben Kaiserreiche und Republiken,

¹ Vgl. RENOUVIER, *Esquisse d'une classification systématique des doctrines philosophiques*, Paris 1885, S. 129.

² VERGILIUS, *Bucolica*, 4. Ekloge. Pollion, Vers 34—36:

„Alter erit tum Tiphys et altera quae vehat Argo
Delectos heroas; erunt etiam altera bella;
Atque iterum ad Trojam magnus mittetur Achilles.“

³ RENOUVIER, a. a. O.

dieselben Menschen mit den gleichen Handlungen, und das so oft, wie der Äther sein Geschick vollendet und die Bahn seiner Weltentwicklung durchläuft.¹

Diese Hypothese von der „ewigen Wiederkehr“ in ihrer strengsten Form hat übrigens auch in der neuzeitlichen Philosophie Anhänger gefunden. Der berühmteste von ihnen ist ohne Zweifel NIETZSCHE, der auf diese Ansicht großen Nachdruck legte und sie zu einer der Grundlagen seines Systems gemacht hat.²

Aber wenn auch die Ansichten sich gleichen, so ist doch unsere Geisteshaltung ihnen gegenüber eine andere geworden, als sie bei den Zeitgenossen VERGILS bestand. Das Carnotsche Prinzip hat uns die Irreversibilität der Vorgänge unvergleichlich viel deutlicher zum Bewußtsein gebracht. Obwohl eine Erfahrungserkenntnis, erscheint uns doch die Entwertung der Energie als die allgemeinste der Regeln, die alles Geschehen und alles Werden beherrscht. Können wir ihre Verletzung annehmen, wie sie in den Rankineschen „Konzentrationsperioden“ notwendig stattfinden müßte? Können wir, um uns genauer auszudrücken, annehmen, daß die Wärme, statt vom wärmeren zum kälteren Körper überzugehen, den umgekehrten Weg einschlägt? Inder und Griechen konnten glauben, daß die Entwicklung der Welt, indem sie in der Zeit weitergeht, zu denselben Vorgängen zurückführen kann; wir dagegen müßten annehmen, daß sie ihren Verlauf umkehrt: damit ständen wir aber wirklich bei

¹ Ein interessantes Beispiel für das immer erneute Auftauchen dieser direkt aus unserem Kausaltrieb entspringenden Vorstellungen findet sich in *Werden der Welten* von ARRHENIUS (S. 190, 207). Bekanntlich will dieser Forscher mit seiner Theorie die Möglichkeit einer zyklischen Wiederkehr der Planetensysteme beweisen; dem fügt er nun noch die Hypothese der *Panspermie* hinzu und gelangt so zu der Annahme, daß die organischen Wesen überall im Weltall sich aus denselben Keimen entwickeln und infolgedessen eine gewisse Verwandtschaft untereinander aufweisen. „Die Phantasie von anderen Welten, bewohnt von Lebewesen, in deren Bau beispielsweise der Kohlenstoff durch Silicium oder Titan ersetzt wäre, fällt daher ins Reich der Unwahrscheinlichkeiten“. Es ist im Gegenteil klar, daß nichts uns hindert, anzunehmen, der Raum sei auch mit Silicium- und Titankeimen erfüllt, die sich natürlich nur entwickeln können, wenn sie auf die Oberfläche eines Himmelskörpers treffen, der ihnen günstige Lebensbedingungen bietet. Aber ARRHENIUS gehorcht offenbar demselben Triebe, der auch jene antiken Denker beherrschte, von denen im Text die Rede ist, und deswegen nähert sich seine Theorie derjenigen der Stoiker von „denselben Wesen mit den gleichen Eigenschaften“.

² Vgl. OSKAR EWALD, *Nietzsches Lehre in ihren Grundbegriffen, die ewige Wiederkunft des Gleichen und der Sinn des Übermenschen*, Berlin 1903, passim, sowie G. BATAULT, *L'hypothèse de l'éternel retour*, Revue philosophique, Bd. LVII, S. 158 f.

der verkehrten Welt des rückwärts gedrehten Films, der Welt, in der die Wärmestrahlen gegen die Räder und Achsen der Lokomotive konvergieren, wo der in der Ferne zusammengeballte Rauch mit den Verbrennungsgasen zusammen in den Schornstein schlüpft, um dort Kohle zu bilden, wo das Lebewesen alt geboren wird, sich mit der Zeit verjüngt und endlich ins Ei kriecht, wo das Tier rückwärts geht und vor dem Essen verdaut. Wie soll man sich denn das Ende einer Periode der „Zerstreuung“ und den Beginn einer solchen der „Rekonzentration“ vorstellen? Eine Kugel, die senkrecht gegen eine Wand geworfen wird, springt in entgegengesetzter Richtung zurück; das liegt aber daran, daß sie auf ein Hindernis stößt. Wo aber wäre die Wand, an der die Geschichte des Weltalls oder auch nur die eines Planetensystems zurückprallen könnte? Für uns sieht es so aus, als näherte sich die Welt unbegrenzt einem gewissen künftigen Zustand, dem Gleichgewichtszustand; aber selbst angenommen, dieser Zustand könnte wirklich erreicht werden, so erscheint er uns als unbegrenzt stabil. Ist die Energie erst überall auf dem gleichen Niveau, so sträubt sich unsere Einbildungskraft gegen die Vorstellung, es könnte dann von selbst irgendwo neues Gefälle entstehen, oder, was auf dasselbe hinausläuft, eine solche Entstehung erscheint ihr als unendlich unwahrscheinlich.

Daher zeigt sich auch in der jüngsten Entwicklung der Physik die Tendenz, für die Erscheinungen, die wir als zeitlich sehr stabil anzunehmen genötigt sind (wie z. B. die Sonnenstrahlung), ganz anderen Erklärungen den Vorzug zu geben als den soeben besprochenen. Da man weiß, daß zwischen den Zerstreuungs- und den Konzentrationsvorgängen keine Äquivalenz besteht und da man andererseits auch eine Umkehrung des gegenwärtigen Weltverlaufes offenbar nicht annehmen kann — auch nicht in weit entfernten Zeiten und Räumen —, so sucht man für die sich zerstreue Energie eine Quelle, die wenn nicht unerschöpflich (was unmöglich ist), so doch so reichlich fließt, daß sie die ungeheure Verschwendung der Natur ohne merkliche Erschöpfung zu speisen imstande ist. Diese Quelle glaubt man in der intraatomaren Energie gefunden zu haben. Man hält sie für sehr beträchtlich, von einer weit höheren Größenordnung als alle, die wir für gewöhnlich beobachten können. Vor etwa einem halben Jahrhundert erstaunten WEBER und KOHLRAUSCH ob der Größe der Energie, die bei chemischen

Reaktionen frei wird. „Wären alle Teilchen Wasserstoff in 1 Milligramm Wasser einer 1 Millimeter langen Säule an einen Faden geknüpft, und an einen anderen Faden alle Teilchen Sauerstoff, so müßten beide Fäden in entgegengesetzten Richtungen jeder mit dem Gewichte von 2956 Zentnern gespannt werden, um eine Zersetzung des Wassers mit solcher Geschwindigkeit hervorzubringen, nach welcher 1 Milligramm Wasser in der Sekunde zerlegt werden würde“.¹ Aber was bedeutet diese Energie, die mächtigste, die wir erzeugen können, verglichen mit der, die in den Atomen verborgen ist? Wenn die Radiumemanation, die wir als ein echtes aber sehr unstabiles Gas ansehen müssen, sich in einen nicht flüchtigen Stoff verwandelt, so emittiert sie dabei drei Millionen mal so viel Energie wie das gleiche Volumen Knallgas.²

Es leuchtet ein, daß eine so mächtige Energiequelle sozusagen ohne Anstrengung die Strahlung der Erde und sogar die der Sonne gegen den Weltraum zu unterhalten vermag.³ Demnach kann man sich also vorstellen, daß der Weltprozeß, ohne umzukehren, durch Reserven aufrechterhalten wird, deren Größe die Grenzen der Beobachtung weit übersteigt.*

Man kann diese Erklärung als eine solche durch das *unfaßbar Große* bezeichnen, und man kann in dieselbe Kategorie die interessanten Spekulationen einreihen, mit deren Hilfe BOLTZMANN gleichfalls versucht hat, das Carnotsche Prinzip mit der Identität in der Zeit in Einklang zu bringen. BOLTZMANN denkt sich eine Welt, in der die Zeiträume, die wir als Äonen bezeichnen, eine vergleichsweise winzige Dauer haben. In ihr herrscht überall thermisches Gleichgewicht mit Ausnahme gewisser relativ unbedeutender Gebiete von der Größenordnung unseres Fixsternsystems. „Für das Universum sind also die beiden Richtungen der Zeit ununterscheidbar, wie es im Raum kein Oben und Unten gibt.“ Aber ein Lebewesen, das sich in einer bestimmten Zeitphase einer solchen Einzelwelt befindet, wird den einen Zustand als Anfang, den anderen als Ende

¹ W. WEBER u. R. KOHLRAUSCH, *Über die Elektrizitätsmenge* usw., Poggen dorfs Annalen, XCIX, 1856, S. 24.

² RUTHERFORD, *Radio-Activity*, Cambridge 1906, S. 327. .

³ Dasselbst, S. 492—496.

* Man vergleiche hierzu die Ausführungen in den auf S. 204, Anm.*, genannten Werken von EDDINGTON und JEANS. Die Schwierigkeiten, eine ausreichende Energiequelle für die Strahlung der Sterne aufzufinden, können heute noch nicht als überwunden gelten. Ltn.

bezeichnen. Dasselbe Gebiet würde sich also „anfangs immer in einem unwahrscheinlichen Zustand befinden“. In dem „Inbegriff aller Einzelwelten aber kommen in der Tat Vorgänge in der umgekehrten Reihenfolge vor“. Vielleicht rechnen die sie beobachtenden Lebewesen die Zeit umgekehrt wie wir; aber „sie sind in der Zeit durch Äonen, im Raume durch $10^{10^{10}}$ Siriusfern von uns getrennt, und obendrein hat ihre Sprache keine Beziehung zur unsrigen“.¹

Auf den ersten Blick ist man versucht, diese Annahme BOLTZMANNs mit denen von RANKINE und SPENCER auf eine Stufe zu stellen; aber von diesen unterscheidet sie sich darin, daß sie nicht auf die „ewige Wiederkehr“ hinausläuft. Ist in einer von BOLTZMANNs „Einzelwelten“ das Gleichgewicht wieder hergestellt, so bedeutet das den Tod dieser Welt, den endgültigen Tod; denn erst in unendlicher zeitlicher und räumlicher Entfernung findet ein Wiedererwachen statt. Übrigens ist dieses Wiedererwachen ein rein zufälliges, und gerade weil es einen verhältnismäßig winzigen Zufall darstellt, ist es überhaupt möglich. Es handelt sich also in der Tat hier, wie wir sagten, um eine Erklärung durch das unfassbar Große. Sie zeigt deutlich, wie unabweisbar sich uns einerseits die Vorstellung der rückkehrlosen Entwicklung durch das Carnotsche Prinzip aufdrängt, und wie sehr sich andererseits unser Verstand dagegen auflehnt, weil er, sei es durch welches Mittel auch immer, die Identität wiederherzustellen sucht.

Läßt sich aber nicht durch die mechanischen Theorien das Kausalitätsprinzip indirekt mit dem Carnotschen in Übereinstimmung bringen? Wie wir gesehen haben, ist dies der wahre Zweck der Vorstellungen, die sich die zwiefache Natur der Ortsveränderung zunutze machen, um sozusagen Veränderung und Identität zu verschmelzen. Angesichts der Stärke, mit der sich in uns der Kausaltrieb geltend macht, wird man nicht überrascht sein, daß die Versuche in dieser Richtung sehr zahlreich sind. H. POINCARÉ scheidet sie in zwei Gruppen. Die ersten knüpfen an eine auf HELMHOLTZ zurückgehende Hypothese an. Man nimmt an, daß die Bewegungen der sichtbaren Massen mit solchen von unsichtbar bleibenden Massen verknüpft sind. Daraus folgt, daß die ersteren, die wir allein kennen, irreversibel werden. Aber, wie POINCARÉ feststellt, kann diese Theorie die ständige Vermehrung der Entropie nicht völlig erklären; viel-

¹ BOLTZMANN, *Vorlesungen über Gastheorie*, Teil II, Leipzig 1898, S. 257 f.

mehr stimmt sie im allgemeinen schlecht mit der Wirklichkeit überein. Sie hat z. B. zur Folge, daß, wenn zwei Körper von gleicher Temperatur miteinander zur Berührung gebracht werden, Wärme von einem zum anderen übergeht, was der Grundlage des Carnotschen Prinzips offenbar widerstreitet. Man hat versucht, diese Schwierigkeit durch eine Art Hilfhypothese zu beseitigen, aber sie ist wenig befriedigend.¹

Die Ideen der zweiten Gruppe sind von MAXWELL und nach ihm von GIBBS und BOLTZMANN entwickelt worden. Ihr Prinzip ist das folgende: da die Anzahl der Teilchen notwendigerweise sehr groß ist, kann man scheinbare Veränderungen dadurch hervorrufen, daß man ihre Verteilung ändert. Nehmen wir etwa zwei Gefäße an, die mit dem gleichen jedoch verschieden temperierten Gas gefüllt sind; nach der kinetischen Theorie werden dann die mittleren Geschwindigkeiten der Teilchen in den beiden Gefäßen verschiedene Werte haben. Wir wollen sie jetzt miteinander in Verbindung setzen; dann werden die Teilchen das Bestreben zeigen, sich zu mischen, und nach einer gewissen Zeit wird die mittlere Geschwindigkeit überall den gleichen Wert haben, und zwar einen, der zwischen den mittleren Geschwindigkeiten der beiden ursprünglichen Gasmassen liegt: die Temperatur hat sich ausgeglichen und hat jetzt einen Wert, der zwischen den Anfangstemperaturen der beiden Gefäße liegt. Wie man sieht, ist dies ein Muster einer kausalen Erklärung; denn sie läßt uns hinter dem Schein der Veränderung durch den bloßen Kunstgriff der Bewegung eine wirkliche Identität erkennen. Die Irreversibilität würde nach dieser Hypothese aufhören, allgemein zu gelten, wenn unsere Hilfsmittel weniger beschränkt wären, d. h. wenn wir direkt auf die einzelnen Teilchen einzuwirken imstande wären. Nehmen wir ein Wesen an, daß in dieser Hinsicht besser ausgestattet ist (MAXWELLS berühmten „Dämon“). Dieser könnte, nachdem die Temperatur in den beiden Gefäßen sich ausgeglichen hat, den Verkehr zwischen ihnen beschränken, indem er eine Öffnung in einer Scheidewand nach Belieben öffnet oder schließt; er könnte auf diese Weise von dem ersten nach dem zweiten Gefäß nur die Teilchen durchlassen, die eine höhere als die mittlere Geschwindigkeit besitzen, und in der entgegengesetzten Richtung nur die mit geringerer Geschwindigkeit. Auf diese Weise könnte er im Verlaufe

¹ H. POINCARÉ, *Thermodynamique*, Paris 1892, S. 400—422.

einer gewissen Zeit den ursprünglichen Zustand wiederherstellen, in dem die beiden Gasmassen verschiedene Temperaturen haben. Da übrigens die Temperaturgleichheit, die sich schließlich zwischen den beiden in Verbindung stehenden Massen herstellt, nur eine „statistische“ Tatsache ist, wie man sagt, so ist es, absolut gesprochen, nicht ausgeschlossen, daß durch den Zufall der Verteilung Unterschiede auftreten; das ist nur äußerst unwahrscheinlich, und diese Wahrscheinlichkeit ist um so kleiner, je größer die Anzahl der Teilchen ist. Ebenso steht es mit dem Endzustand des Weltalls: er ist nicht mehr der Tod, sondern eine Art Schlaf, aber es ist unendlich unwahrscheinlich, daß die Welt jemals aus ihm erwachen könnte.

Nach dem Urteil POINCARÉ's stellt die Maxwellsche Hypothese „den am ernstesten zu nehmenden Versuch einer Versöhnung zwischen Mechanistik und Erfahrung dar“.¹ Ist diese Hypothese nun wirklich befriedigend? POINCARÉ scheint sich schließlich selbst vom Gegenteil überzeugt zu haben,² und DUHEM,³ LIPPMANN⁴ und MACH⁵ sind derselben Ansicht. Vielleicht aber hat die Theorie in dieser Frage noch nicht das letzte Wort gesprochen. Auf jeden Fall muß festgestellt werden, daß die Ansicht, die der Maxwellschen Theorie zugrunde liegt, nämlich daß das Carnotsche Prinzip nur die wahrnehmbaren Vorgänge beherrscht, aber nicht für die Elementarteilchen gilt, durch eine neuere Entdeckung eine interessante und unerwartete Bestätigung erfahren hat. Der Leser wird schon erraten haben, daß wir von dem „Gouyschen Phänomen“ oder der „Brownischen Bewegung“ sprechen wollen. BROWN war der erste, der um 1825 beobachtete, daß hinreichend kleine Materieteilchen, wenn man sie unter dem Mikroskop betrachtet, sich als in ständiger Bewegung befindlich erweisen. Diese Tatsache, welche die sehr zahlreichen Forscher, die dieses Instrument benutzen, tagtäglich bestätigen können, hatte die Aufmerksamkeit wenig erregt, bis GOUY auf den Gedanken kam, sie etwas näher zu untersuchen. Durch Ausschließung stellte er fest, daß keine der Ursachen herangezogen werden konnte, denen man die Bewegung an sich hätte zuschreiben

¹ H. POINCARÉ, *Le mécanisme et l'expérience*, Revue de métaphysique, I, 1893, S. 535.

² Dasselbst, S. 537.

³ DUHEM, *L'évolution de la mécanique*, Paris 1903, S. 153.

⁴ LIPPMANN, *La théorie cinétique des gaz et le principe de Carnot*, Congrès international de physique de 1900, Bd. I, S. 549.

⁵ MACH, *Die Prinzipien der Wärmelehre*, Leipzig 1896, S. 364.

können; weder unmerkliche Bodenbewegungen, noch Temperaturdifferenzen, noch eine Wirkung des Lichtes kamen in Betracht. Außerdem erkannte er bei der Untersuchung von Flüssigkeitsbläschen, die in Hohlräumen von Quarzkristallen eingeschlossen sind, daß die Erscheinung als eine permanente angesehen werden muß, da sie offenbar seit den fernen geologischen Epochen bestand, in denen jene Kristalle sich gebildet hatten. Es ist also eine Bewegung, die nicht aufhört oder fortwährend neu entsteht, ohne daß ihr von außen her Energie zugeführt würde; das widerspricht offensichtlich dem Carnotschen Prinzip. Unter diesen Umständen zögerte GOUY nicht, diese Erscheinung mit der kinetischen Theorie der Materie in Verbindung zu bringen.¹ Die Teilchen einer Flüssigkeit müssen sich in dauernder Bewegung befinden; ihre Zahl ist sehr groß und ihre Geschwindigkeiten zweifellos beträchtlich, aber ihre Massen sind sehr klein. Ist der in die Flüssigkeit eingetauchte feste Körper von wesentlich höherer Größenordnung als die Elementarteilchen, so werden sich die Stöße, die er von allen Seiten erhält, mit hinreichender Genauigkeit ausgleichen, so daß er nicht in Bewegung gerät. Unterhalb einer gewissen Grenze tritt aber ein solcher Ausgleich nicht mehr ein, und der eingetauchte Körper kommt daher in Bewegung. Je kleiner er ist, um so rascher müssen seine Bewegungen sein, was die Erfahrung bestätigt. Wir können aber nicht hoffen, die Schärfe unserer Mikroskope unbegrenzt zu vergrößern; daran hindert uns die Natur des Lichtes, und die kleinsten Körper, die wir gerade noch beobachten können, sind im Vergleich zu den Teilchen der Flüssigkeit noch sehr groß; daher sind die Bewegungen der ersteren sehr langsam im Vergleich zu denen, die wir bei den letzteren annehmen müssen.

Die Gouysche Theorie ist ziemlich allgemein angenommen worden, und es scheint aus ihr tatsächlich zu folgen, daß, wie POINCARÉ sich ausdrückt, „wir, um die Welt rückwärts laufen zu sehen, nicht mehr das unendlich feine Auge des Maxwellschen Dämons brauchen, sondern unser Mikroskop uns dazu genügt“.²

¹ G. GOUY, *Le mouvement brownien et les mouvements moléculaires*, Revue générale des sciences, 1895, S. 5 ff.

[In diesem Zusammenhang möge noch auf die späteren grundlegenden Arbeiten von EINSTEIN und v. SMOLUCHOWSKI über die BROWNSCHE Bewegung hingewiesen werden. Ltn.]

² H. POINCARÉ, *La valeur de la science*, S. 184. Vgl. Ders., *La science et l'hypothèse*, S. 209.

Es läßt sich jedoch voraussehen, daß die Maxwellsche oder eine andere ähnliche Theorie, selbst wenn sie sich den Tatsachen genau anpaßte, doch unseren Geist nicht gänzlich befriedigen würde. Wir würden auch weiterhin gegenüber derartigen Erklärungen ein gewisses Mißbehagen empfinden. POINCARÉ hat das konstatiert, als er erklärte, daß er einer Beweisführung mißtraut, „bei der man die Reversibilität in den Voraussetzungen und die Irreversibilität in den Schlußfolgerungen findet“.¹ Er berührt damit den Kernpunkt der ganzen Frage. Die Naturerscheinungen stellen sich uns dar als in einem bestimmten Zeitsinne ablaufend, d. h. als irreversibel. Sie erklären, ihre Ursachen angeben heißt die Identität in der Zeit und damit die Reversibilität wiederherstellen. Man muß dann notwendigerweise, wie BOLTZMANN gesagt hat, „als Weltbild ein System benutzen, dessen zeitliche Veränderungen durch Gleichungen gegeben werden, in denen die positive und die negative Zeitrichtung gleichberechtigt sind, und mittels dessen doch durch eine besondere spezielle Annahme der Schein der Irreversibilität in langen Zeiträumen erklärbar ist“.² Nun ist, wie wir im vorigen Kapitel sahen, die reine Mechanik ganz und gar auf dem Postulat der Reversibilität aufgebaut. Indem wir feststellten, wie tief die Kluft zwischen dieser Darstellung und der Wirklichkeit ist, hatten wir das Carnotsche Prinzip vorweggenommen. Seinem Grundgehalt nach ist dieses Prinzip weiter nichts als ein Versuch, die Irreversibilität zu präzisieren und sie theoretisch faßbar zu machen. Es ist also nur natürlich, daß es uns sehr schwer fällt, eine mechanische Erklärung für sie zu finden, d. h. sie wieder auf die Identität zurückzuführen. Und angenommen selbst, eine solche Zurückführung wäre möglich, so würde sie doch stets in gewissem Maße unserem Denken widerstreben; denn die beiden entgegengesetzten Vorstellungen der Identität in der Zeit und der Irreversibilität stehen hier einander zu schroff gegenüber, um ohne Schwierigkeit in unserem Geiste vereinigt zu werden.

Aber wie dem auch sei, und ob es nun unserem Geiste angemessen erscheint oder nicht, jedenfalls ist das Carnotsche Prinzip eine Tatsache und zwar bei weitem die wichtigste der ganzen Naturwissen-

¹ Ders., *Le mécanisme et l'expérience*, Revue de métaphysique, Bd. I, 1893, S. 537.

² L. BOLTZMANN, a. a. O.

schaft. Man braucht in der Tat die Wirklichkeit nur unvoreingenommen zu betrachten, um sich zu überzeugen, daß das Beharrende geringfügig ist im Vergleich zu dem, was sich verändert. Nur die Illusion der Kausalität verführt uns dazu, die Bedeutung von jenem gegenüber diesem zu übertreiben: was erhalten geblieben ist, das ist die Hauptsache, die „Substanz“, während das sich Verändernde nur das „Akzidens“ ist. Nun ist, wie wir gesehen haben, die Trägheit eine rein ideale Vorstellung; niemand hat jemals eine gleichförmige geradlinige Bewegung gesehen, und erst recht hat niemand feststellen können, daß sie sich unbegrenzt erhält. Und ist außerdem die Geschwindigkeit wirklich wesentlicher als der Ort oder die Richtung wesentlicher als die Geschwindigkeit in der gekrümmten Bahn? Wenn ich sehe, wie aus einem roten pulverförmigen Körper ein flüssiges Metall und ein farbloses Gas entsteht, kann ich dann, weil ich feststelle, daß das Gewicht dasselbe geblieben ist, behaupten, das, was sich geändert hat, sei unwichtig im Vergleich zu dem, was erhalten geblieben ist? Aber die tiefstgehende Veränderung erfahren offenbar unsere Vorstellungen von den energetischen Vorgängen durch das Carnotsche Prinzip. Diese Veränderung berührt nämlich den Begriff der Energie selbst.

Wir haben gesehen, daß LEIBNIZ diesen Begriff als das Vermögen definierte, „eine gewaltsame Wirkung“ hervorzurufen, und daß diese Definition sich durch Überlieferung bis in unsere Tage erhalten hat. Nun kann man sich aber leicht davon überzeugen, daß diese Definition mit den unmittelbaren Folgerungen aus dem Carnotschen Prinzip in Widerspruch steht. LEIBNIZ war davon überzeugt, daß die Erhaltung der „absoluten Kraft“ die Unzerstörbarkeit der Bewegung gewährleiste. „Diejenigen, die glauben, daß die aktiven Kräfte in der Welt sich von selbst vermindern, kennen die Hauptgesetze der Natur und die Schönheit der göttlichen Werke schlecht“.¹ Das Weltall, das sich LEIBNIZ in dieser Weise vorstellte, war wie das unserer reinen Mechanik aus gänzlich reversiblen Vorgängen zusammengesetzt. Da alle Körper absolut elastisch sein sollten und jeder Gedanke an eine Umwandlung von Bewegung in Wärme fehlte, mußte in der Tat eine Art dauernden Zurückprallens erfolgen, wodurch bewirkt wurde, daß jedes Gefälle (chute) nur scheinbar war und durch eine Erhebung an anderer Stelle ausgeglichen wurde.

¹ LEIBNIZ, *Recueil des lettres etc.*, 4. Schreiben, § 38, Ausg. ERDMANN, S. 757.

Für den modernen Physiker dagegen enthält der Leibnizsche Ausdruck eine gewisse Zweideutigkeit. Der Satz bleibt richtig, wenn wir unter dem Ausdruck „Bewegung“ auch die innere Bewegung der Teile verstehen, d. h. wenn wir ihn auf alle Formen der Energie übertragen. Wollen wir aber von der Bewegung im eigentlichen Sinne, d. h. von der Ortsveränderung der Körper relativ zueinander reden, so wird er sicher falsch. Wie das Carnotsche Prinzip zeigt, hat diese Bewegung die Tendenz, sich fortdauernd in Wärme umzusetzen und sich dann zu zerstreuen, d. h. zu erlöschen. Um sich zu überzeugen, daß wirklich zwischen den beiden Auffassungen ein Widerspruch besteht, braucht man nur an den Endzustand zu denken, dem sich das Weltall nach der Ansicht von CLAUSIUS unwiderstehlich und unbegrenzt nähert. Nehmen wir an, dieser Zustand sei erreicht! Offenbar gibt es dann nirgends mehr ein Temperaturgefälle noch sonst einen Mangel an Gleichgewicht; also ist jede Fähigkeit verschwunden, eine Wirkung hervorzubringen oder eine Umwandlung herbeizuführen.

Muß man daraus aber folgern, daß das Energieprinzip in seiner modernen Bedeutung und das Carnotsche Prinzip miteinander unverträglich sind? Offenbar nicht, denn, wie wir soeben sahen, kann der moderne Physiker die Leibnizsche Behauptung aufrechterhalten, indem er ihren Sinn abändert. Für ihn wird das Weltall, wenn es zu dem eben erwähnten Endzustand gelangt ist, seine Energie „erhalten“ haben.

Es ist klar, welcher Schluß daraus zu ziehen ist: die Energie darf nicht so definiert werden, wie wir das getan haben; was der heutige Physiker mit diesem Ausdruck meint, das ist nicht mehr die Fähigkeit, eine Wirkung hervorzubringen. Diese Definition ist nur auf eine Welt anwendbar, in der es ausschließlich mechanische Vorgänge gibt; sobald wir thermische Vorgänge (oder, wenn man will, *statistische* Betrachtungen) mit einbeziehen, wird sie hinfällig. Man kann also sagen, daß die Wandlung mit der Aufstellung des Energieprinzips, also mit J. R. MAYER begonnen hat (wenngleich dieser sich dessen offenbar nicht bewußt war, da er das *causa aequal effectum* ohne Einschränkung aussprach). Sie war abgeschlossen in dem Augenblick, da CLAUSIUS bewies, daß das Energieprinzip mit dem Carnotschen vereinbar ist. Die Verträglichkeit findet nämlich nur statt, wenn die Bedeutung des Ausdrucks „Energie“ abgeändert wird.

Man kann die Frage aufwerfen, wie es kommt, daß die alte, so offensichtlich unhaltbare Definition der Energie dennoch in Gebrauch geblieben ist. Ein erster Grund springt in die Augen, nämlich die Unmöglichkeit, eine in Worten ausdrückbare Definition zu finden, die den von den heutigen Physikern benutzten Begriff wirklich wiedergibt. Das ist, wie man sich leicht überzeugen kann, nicht nur eine scheinbare Schwierigkeit. Die Energie ist in Wirklichkeit weiter nichts wie ein mathematischer Ausdruck (S. 218); nun brauchen wir aber eine Definition, die wie die Leibnizsche einen Substanzbegriff darstellt, und diese Forderung ist in gewissem Sinne auch berechtigt, denn unsere Überzeugung von der Erhaltung der Energie beruht selbst zum großen Teil auf dieser Grundlage. Nachdem sich diese Überzeugung aber einmal gebildet hat, kann man sagen, daß der Physiker der Definition in Worten nicht mehr bedarf. Er braucht nämlich für die Behandlung der thermischen Vorgänge eigentlich nur die mathematische Definition, d. h. die Kenntnis des Ausdrucks, der nach dem Prinzip konstant bleiben soll. Diese aber besitzt er, und da er auch ihr mechanisches Äquivalent kennt, so kann er die Vorgänge in beiden Gebieten in ihren gegenseitigen Beziehungen verfolgen. Daher enthalten die Lehrbücher der Physik eigentlich zwei unvereinbare Definitionen der Energie, eine erste, in Worten ausgedrückte, die faßbar ist und unsere Vorstellung zu erwecken vermag, aber irrig ist, und eine zweite, mathematische, die exakt ist, sich aber nicht in Worten ausdrücken läßt. Der Lehrer gibt zuerst die erste, wobei er mit unbewußter, aber treffsicherer Psychologie voraussieht, daß der Studierende sich bei seinen Arbeiten in Wirklichkeit nur der zweiten bedienen wird. Das ist eine Situation, die für den Theoretiker im allgemeinen keine Unzuträglichkeiten mit sich bringt, wenigstens solange er im Gebiete der Rechnung bleibt; gibt er sich aber mit theoretischen Verallgemeinerungen ab, so kann die Erinnerung an die verbale Erklärung der Energie ihn in Verwirrung bringen (das war, glauben wir, z. B. bei gewissen „energetischen“ Spekulationen der Fall). Sicherlich bildet aber dieser Zwiespalt eine ständige Quelle von Irrtümern für die Popularisatoren, die sich naturgemäß an die sprachliche Erklärung halten müssen — daher rührt anscheinend die Behauptung von der Unvereinbarkeit der beiden Hauptsätze der mechanischen Wärmetheorie, die wir bei HAECKEL fanden.

Der Leser möge die Abschweifung entschuldigen, die wir uns erlaubt haben; offenbar gehörte dieser Absatz von Rechts wegen in das Kapitel über die Erhaltung der Energie; aber wir konnten ihn dort noch nicht bringen, weil er Betrachtungen erforderte, die sich auf das Carnotsche Prinzip gründen. Immerhin hatten wir dadurch den Vorteil, daß wir an einem typischen Beispiel zeigen konnten, bis zu welchem Grade dieses Prinzip einen integrierenden Bestandteil unserer Vorstellung von der Wirklichkeit bildet. Es ist übrigens klar, daß das Prinzip der Erhaltung der Energie, wenn man es in seiner wahren, nämlich der mathematischen Form nimmt, uns noch weniger als die beiden anderen Prinzipie die Identität der Welt in der Zeit gewährleisten kann. Eine gewisse Menge Wasser befand sich in einem hohen Reservoir; ich habe sie benutzt, um eine Mühle zu drehen; dabei ist durch Reibung usw. eine große Menge Energie zerstreut worden, mit dem Rest habe ich Getreide in Mehl verwandelt; und trotzdem hat sich die Energie „erhalten“, sie ist „konstant“ geblieben. Wenn man uns also sagt, daß die Erhaltungsprinzipie den Ablauf der Welt regeln, so bedarf diese Aussage der Ergänzung. Sie regeln ihn in dem Sinne, daß sie die Veränderung einschränken, sie sagen uns, daß gewisse Beziehungen sich nicht ändern können, was auch eintreten möge. Aber diese Prinzipie sagen uns nichts darüber, *welche* Änderungen und *ob* überhaupt solche eintreten werden. „Überall, wo das Energiegesetz zur Erweiterung unserer Kenntnisse über die elementaren Vorgänge beigetragen hat, waren noch andere Gesetze im Spiel, welche die *Tendenzvorstellungen* in sich schließen“, sagt sehr richtig HELM,¹ und als Beispiel für solche Tendenzbegriffe führt er die Kraft, den Druck und die Temperatur an.

Was die Wärme selbst anbelangt, so ist offenbar die Berücksichtigung der Entropie, d. h. der in Bewegung verwandelbaren oder nicht verwandelbaren Wärme für ein System unter jedem Gesichtspunkt wichtiger als die der Energie. Immer und überall ist — im Gegensatz zu dem, was uns die kausale Illusion vortäuscht — der Fluß der Dinge an sich wesentlicher und für uns zu kennen wichtiger als ihre Erhaltung.

Wir können jetzt noch besser, als uns dies in einem der vorhergehenden Kapitel möglich war, begreifen, warum das Gleichheits-

¹ HELM, *Die Lehre von der Energie*, Leipzig 1887, S. 58.

zeichen bei der Darstellung von Vorgängen falsche Vorstellungen erwecken muß. Gehen wir von einer solchen Darstellung zur Wirklichkeit über, so verschwindet die Illusion der Identität sofort. Ein Teller ist entzwei gegangen, ich setze die Teile wieder zusammen, es fehlt keiner; diese Tatsache werde ich ohne Bedenken durch eine Gleichung ausdrücken; nennen wir den Teller A und die Stücke B, C, D , dann werden wir schreiben: $A = B + C + D$. Aber in Wahrheit scheint diese Gleichung zu besagen, daß zwischen den beiden Zuständen des Tellers Gleichheit bestehe; nun weiß ich jedoch sehr genau, daß, wenn ich versuchen wollte, den Teller jetzt zu benutzen, ich eine Enttäuschung erleben würde. Vier plus drei ist sicher gleich sieben; aber wenn die erste Zahl einen Balken von vier Meter Länge, die zweite einen solchen von drei Meter darstellt, so würde ein Baumeister sie sicher nicht gebrauchen können, wenn er einen Balken von sieben Metern braucht. Diese Dinge stören uns nicht im geringsten, weil wir nicht einen Augenblick die Tatsache aus den Augen verloren haben, daß es sich im Grunde um eine Verschiedenheit und nicht um eine Gleichheit handelt. Aber die Wissenschaft geht zuweilen in dieser Richtung sehr weit. So ist z. B. der Ausdruck „Bewegungsgröße“ schlecht gewählt, denn er kann, sei es auch nur ganz oberflächlich, die Täuschung hervorrufen, als sei die Bewegung eine wirkliche Quantität, die man addieren und subtrahieren könne. Aber wenn ich selbst zwei Körper habe, die sich mit der gleichen Geschwindigkeit in der gleichen Richtung bewegen, so kann ich sie durch keinen Kunstgriff in einen einzigen verwandeln, der sich mit der doppelten Geschwindigkeit bewegt; sind doch auch die beiden Zustände bekanntlich hinsichtlich ihrer Energie ganz verschieden. Was man in diesem Falle als Quantität behandeln will, das ist nicht die Bewegung selbst, sondern vielmehr ihre Projektion auf eine Achse, und diese Projektion steht mit der Wirklichkeit offenbar nur in sehr entfernter Beziehung.

Kann man nun vielleicht sagen, daß die Gleichung, wenn sie auch nicht die Gleichheit zweier Ausdrücke bezeichnet, doch wenigstens ihre Äquivalenz ausdrückt? Wir haben oben gesehen, daß das nicht der wahre Sinn der chemischen Gleichungen ist; denn diese drücken nicht statische Beziehungen, sondern ein Werden aus. Übrigens leugnen sie es, indem sie es ausdrücken, denn sie verbinden das Antezedens mit dem Konsequens durch das Gleichheitszeichen.

Nimmt man die Gleichung $\text{Hg} + \text{O} = \text{HgO}$ buchstäblich, so scheint sie zu besagen, daß nichts geschehen ist, denn alles, was im Antezedens vorhanden war, findet sich im Konsequens wieder. Nun beschreibt aber LAVOISIER, der, wie wir sahen, diese Reaktion benutzt, um seine Theorie daran zu erhärten, den Vorgang folgendermaßen: „In einen geeigneten Apparat, von dem sich ohne Zeichnung nur schwer eine richtige Vorstellung vermitteln läßt, habe ich 50 Kubikzoll gewöhnliche Luft eingeschlossen; darauf habe ich in diesen Apparat 4 Unzen sehr reines Quecksilber eingeführt und habe dieses dann kalzinirt, indem ich es während zwölf Tagen auf einer Temperatur erhalten habe, die beinahe derjenigen gleich war, welche erforderlich ist, um es zum Sieden zu bringen“.¹ Nach diesem mühsamen Verfahren sah er tatsächlich einen Teil des Metalles sich in Oxyd verwandeln. Von alledem, was doch in Wirklichkeit den Vorgang ausmacht, sagt die Gleichung gar nichts, oder vielmehr, was noch schlimmer ist, sie läßt es unter den Tisch fallen, indem sie behauptet, die Dinge wären nach dem Versuch dieselben geblieben wie vorher. Der Chemiker, der in einem Laboratorium eine etwas kompliziertere Operation aus der organischen Chemie nachmachen will, weiß, welche Ironie sich häufig hinter dem Gleichheitszeichen verbirgt.

Aber ist das nicht eigentlich einleuchtend? Wer Vorgang sagt, sagt Veränderung. Wie könnte also dann Identität zwischen Antezedens und Konsequens bestehen? Ich lasse durch ein Loch im Fensterladen einen Lichtstrahl fallen, er erzeugt auf der gegenüberliegenden Wand einen weißen Fleck. Ich bringe nun in seinen Gang ein Prisma und sehe ein Spektrum. Man beweist mir sehr gelehrt, daß das weiße Licht durch das Prisma gebrochen wurde und dadurch das vielfarbige Spektrum entstand. Das will ich gern glauben, vorausgesetzt, daß man nicht versucht, mir einzureden, daß hier eine Identität bestehe und daß das weiße Licht plus Prisma gleich dem Spektrum sei. Das werde ich niemals glauben, ebensowenig wie ich glauben werde, daß bei der Oxydation des Quecksilbers nichts geschehen sei. Ich weiß sehr wohl, daß keine Identität vorliegt, daß etwas vor sich gegangen ist; denn sonst hätte man sich die Mühe der Erklärung sparen können. BOUTROUX sagt: „und wie soll man es in der Tat verstehen, daß die unmittelbare Ursache oder Bedingung in Wahrheit alles das enthält, was zur Er-

¹ LAVOISIER, *Oeuvres*, Paris 1862, Bd. II, S. 175.

klärung der Wirkung nötig ist? Niemals wird sie das enthalten, wodurch sich die Wirkung von ihr unterscheidet, jenes Auftreten eines neuen Elementes, das die unerlässliche Bedingung eines Kausalverhältnisses ist. Wenn die Wirkung mit der Ursache in jedem Sinne identisch ist, so bildet sie eins mit ihr und ist keine wahre Wirkung“.¹

Aber selbst wenn wir für einen Augenblick annehmen, daß es sich nicht um die Darstellung eines Vorganges handelt, sondern um die einer statischen Beziehung, so können wir jetzt beweisen, daß auch dann keine Äquivalenz besteht. Das folgende Beispiel ist dem Wirtschaftsleben entnommen. Sage ich von einer Sache, daß sie so und so viel kostet, so bedeutet das, daß ich sie zu diesem Preise kaufen oder verkaufen kann, daß ich sie in eine Summe Geldes umwandeln oder die Summe Geldes in die Sache umwandeln kann. Steht z. B. die französische Rente *al pari*, so kann ich einen Rententitel von 3 Franken für 100 Franken kaufen und für denselben Preis verkaufen. So scheinen sich auch die Vorgänge in der Natur zu verhalten; so sagt man z. B., daß das Pendel am tiefsten Punkte seiner Bahn eine Geschwindigkeit erlangt hat, die ausreicht, um es wieder zu derselben Höhe aufsteigen zu lassen, von der es herabgefallen ist; und wenn wir durch Vereinigung des Quecksilbers mit dem Sauerstoff das Quecksilberoxyd gebildet haben, so können wir aus ihm durch Zersetzung diese Stoffe wiedergewinnen. Aber wir wissen jetzt, daß das bloßer Schein ist. In Wirklichkeit ist kein Vorgang möglich ohne Umwandlung von Energie, und diese Umwandlung findet immer in derselben Richtung statt. Immer ist die Energie die wir am Schluß wiederfinden entwertet, niemals ist sie derjenigen gleichwertig, die zu Anfang vorhanden war; niemals also kann das Konsequens dem Antezedens gleichwertig sein. Will man sich dennoch des Bildes von der gekauften oder verkauften Ware bedienen, so muß man nicht an solche Waren denken, die an der Börse gehandelt werden und einen Kurs haben, sondern an solche, die man im Laden kauft; will man eine solche Ware sofort, nachdem man sie gekauft hat, zu Geld machen, so verliert man unweigerlich daran.

Die Identität ist die ewige Form unseres Geistes. Es kann also nicht anders sein, als daß wir sie in allem, was er geschaffen hat, wiederfinden, und in der Tat haben wir festgestellt, daß die Natur-

¹ BOUTROUX, *De la contingence des lois de la nature*, Paris 1874, S. 29, angeführt nach der Übersetzung von BENRUBI, Jena 1911, S. 25.

wissenschaft von ihr ganz durchdrungen ist. Aber darin erschöpft sich die Naturwissenschaft nicht. Im Gegenteil, auch das Carnotsche Prinzip bildet einen integrierenden Bestandteil der Wissenschaft. Es ist nicht ganz richtig, wenn man wie HANNEQUIN sagt, „daß die Naturwissenschaft in das wirkliche Werden überhaupt nicht eindringt“, ¹ es sei denn, man gibt dem Wort *eindringen* den Sinn von *verständlich* oder *rational machen*. Diese Behauptung trifft in der Tat nur für die erklärende Wissenschaft zu. Aufgabe der empirischen Wissenschaft ist es im Gegenteil in das Werden einzudringen; die zeitliche Veränderung ist ihr eigentliches Reich. Daher wird die Naturwissenschaft überhaupt — die beide Zweige umfaßt — immer mehr von dem Carnotschen Prinzip beherrscht.

Demnach setzt also die Wissenschaft selbst die Wirklichkeit wieder in ihre Rechte ein. Sie beweist, daß es im Gegensatz zu dem, was die Kausalität verlangt, nicht möglich ist, die Zeit zu eliminieren, sofern diese Elimination die Reversibilität zur Voraussetzung hat, und daß diese Reversibilität nirgends in der Natur vorkommt. Der reversible Vorgang ist ein rein ideales Gebilde, ein Grenzfall der wirklichen Vorgänge, die sämtlich im Grunde irreversibel sind. Antezedens und Konsequens sind nicht „vertauschbar“, wie man sich ausdrückt, wenn man von den Teilen einer Maschine redet; sie können also nicht gleichwertig sein. Die Wirkung gleicht nicht der Ursache, der Behauptung der Scholastik zum Trotz; denn sie kann nicht „die ganze Ursache oder ihresgleichen reproduzieren“, wie LEIBNIZ es forderte.

Wir haben oben gesagt, daß das Carnotsche Prinzip an den Anfang der Wärmelehre gestellt werden sollte. Erfafßt man es aber in seiner vollen Allgemeinheit, so wird klar, daß es in der ganzen Physik fortwährend stillschweigend vorausgesetzt wird. Es drückt nämlich nichts anderes aus als die Tendenz der Dinge, sich in der Zeit zu verändern. Nun aber bildet gerade diese Tendenz und ihre Gleichförmigkeit, wie wir gesehen haben (S. 23 f.), die Grundlage der Zeitmessung; weil diese Gleichförmigkeit besteht, können wir den Ablauf der Zeit selbst als gleichförmig auffassen, während andererseits der gleichförmige Ablauf der Vorgänge direkt aus dem Prinzip der Gesetzmäßigkeit folgt und daher eine unentbehrliche Voraussetzung jeder Wissenschaft und jeder Voraussicht bildet. Mit einem Wort:

¹ HANNEQUIN, a. a. O. S. 285: *la science ne pénètre rien du réel Devenir.*

das Carnotsche Prinzip ist untrennbar mit dem Begriff der Zeit verbunden und verleiht diesem eine Präzision, die sich unter anderem darin ausdrückt, daß es eine zyklische Wiederkehr auf lange Sicht für unmöglich erklärt, die durch unser unmittelbares Gefühl nicht ausgeschlossen wird. Suchen wir für dieses Prinzip einen ganz allgemeinen Ausdruck, der die Gesamtheit der Erscheinungen umfaßt, so kommen wir auf Aussagen wie die von PERRIN: „ein isoliertes System durchläuft nie denselben Zustand zweimal“ und: „die Welt bietet nie denselben Anblick zweimal“. ¹ Diese Aussprüche nähern sich den geflügelten Worten, die in allen Sprachen vorkommen, wie etwa: *fugit irreparabile tempus, tempi passati* usw., die von der Weisheit der Völker geformt und übernommen worden sind und einfach die Überzeugung von der Unwiederbringlichkeit der Vergangenheit ausdrücken, eine Überzeugung, die einen wesentlichen Bestandteil des Zeitbegriffs bildet. Dieser Gedanke, daß mit dem Fortschreiten der Zeit die Welt nicht identisch bleibt, sondern sich ohne Unterlaß verändert, daß *etwas geschieht*, bildet ja geradezu die Grundlage unseres Zeitbegriffs. Wenn wir annehmen, daß nichts geschieht, so löst sich dieser Begriff alsbald in nichts auf.

Hierin erkennen wir den tieferen Grund dafür, daß die von CARL NEUMANN angegebene Definition der Zeitmessung weniger brauchbar ist als die von D'ALEMBERT und POISSON (S. 22 f.). Das Bewußtsein, das wir vom Ablauf der Zeit haben, beruht auf dem Unterschied zwischen Antezedens und Konsequens, d. h. auf der Irreversibilität der Vorgänge. Nun genießen aber in dieser Hinsicht die Bewegungsvorgänge nicht nur keine Vorzugstellung, sondern sie bringen in diese Vorstellung sogar ein gewisses Element der Verwirrung hinein.

Wir postulieren hier nämlich eine Veränderung. Aber unter diesem Gesichtswinkel betrachtet hat die Bewegung ein doppeltes Gesicht: sie ist und ist doch wieder nicht Veränderung; das Trägheitsprinzip stützt sich, schon weil es ein Erhaltungsprinzip ist, auf die zweite dieser beiden Seiten des Bewegungsbegriffs, indem es die geradlinig gleichförmige Bewegung mit der Ruhe auf eine Stufe stellt (S. 237). Das Trägheitsprinzip und die Zurückführung der Vorgänge auf Bewegung, also auf Ortsveränderung, gehören gewissermaßen einer anderen Gedankenrichtung, einer anderen Weltauffassung an,

¹ J. PERRIN, *Traité de chimie physique*, Paris 1903, S. 142, 178.

nämlich der kausalen, die aus dem Postulat der Beharrung der Gegenstände entspringt und daher letzten Endes die Elimination der Zeit erstrebt. Die d'Alembertsche Definition des Zeitmaßes dagegen knüpft wirklich an das eigentliche Wesen der Zeitvorstellung an.

Nach einem tiefsinnigen Ausspruch BERGSONS werden große Entdeckungen oft „durch Eintauchen der Sonde in die reine Dauer“¹ gemacht. Das Meisterstück auf diesem Gebiete, die endgültige Entdeckung bildet das Carnotsche Prinzip, weil es die Gedanken präzisiert, die unserer Auffassung von der Sinnenwelt zugrunde liegen und die wir dennoch nur dunkel fühlen: die Gedanken der Zeit, der Veränderung und der Irreversibilität.²

Wir erkennen jetzt deutlich, wie falsch es gewesen wäre, die Wissenschaft für das fortschreitende Verblässen der Wirklichkeit verantwortlich zu machen, das eine Folge der sukzessiven Identifikationen ist. Diese idealistische Theorie tragen wir in uns bereits vor der Entstehung der Wissenschaft; denn mit ihrer Hilfe bauen wir die Wissenschaft auf. „Der menschliche Verstand, sagt BACON, fühlt sich durch seine eigene Natur zum Abstrakten hingezogen; und er tut so, als seien die Dinge konstant, die in Wirklichkeit im Flusse sind“.³ Wir sind es, die in der Natur die Identität herzustellen suchen, die sie hineinragen, sie ihr *unterschieben*. Das eben nennen wir die Natur verstehen oder sie erklären. Bis zu einem gewissen Grade läßt die Natur sich das gefallen, aber sie sträubt sich auch dagegen. Die Wirklichkeit setzt sich zur Wehr, sie erlaubt nicht, daß man sie leugne. Das Carnotsche Prinzip ist der Ausdruck des Widerstandes, den die Natur dem Zwange entgegensetzt, den unser Verstand mit dem Kausalprinzip auf sie auszuüben versucht.

¹ BERGSON, *Introduction à la métaphysique*, Revue de métaphysique, 1903, S. 30.

² PLANCK, dessen große Autorität in diesen Dingen keiner besonderen Hervorhebung bedarf, stellt zuerst fest, daß die Grenzen zwischen den überlieferten Gebieten der Physik (wie Mechanik, Akustik, Wärme, Elektrizität usw.) die Tendenz zeigen, sich immer mehr zu verwischen, und kommt dann zu dem Schluß, daß die Physik der Zukunft nur noch *eine* wichtige Einteilung kennen wird, nämlich die in reversible und irreversible Vorgänge, wobei die ersteren untereinander mehr Ähnlichkeit aufweisen, als jeder von ihnen mit einem Vorgang der anderen Klasse haben kann (*Die Einheit des physikalischen Weltbildes*, Leipzig 1909, S. 18).

³ BACON, *Novum Organon*, Buch I, Aph. 51.

NEUNTES KAPITEL

Das Irrationale

Die mechanistischen Theorien lösen die Welt in einen Wirbel von Korpuskeln auf, die einander nach unwandelbaren Gesetzen stoßen. Wie man im Scherz und übrigens ganz mit Recht gesagt hat, bestehen sie in der Annahme, daß eine höhere Intelligenz — Gott — bei der Betrachtung der Welt etwa denselben Eindruck empfangen würde wie wir von einer Partie Billard.¹

Unsere eigenen Eindrücke sind aber ganz anderer Art. Unsere Welt ist nicht stumm, kalt und farblos; sie ist Schall, Wärme, Farbe. Aber die Mechanistik erklärt, daß diese Qualitäten nicht dem Gegenstand selbst zukommen können; er behält nur die, die sich auf den Raum und die Raumerfüllung beziehen. Damit sind sofort alle unsere Sinne abgesetzt (wir werden sogleich sehen, daß, entgegen einer ziemlich allgemein verbreiteten Ansicht, der Tastsinn das Schicksal der übrigen Sinne teilt) — abgesetzt ohne Hoffnung auf Wiedereinsetzung in ihre Rechte; denn da die Mechanistik von Anfang an die Sinnesqualitäten, d. h. ihr *quid proprium*, zerstört hat, ist sie unfähig, sie wieder herzustellen. In dieser Hinsicht ist die Unzulänglichkeit der kinetischen Theorien eine absolute und unheilbare.

Mehr oder weniger materialistisch angehauchte Philosophen haben manchmal so getan, als zweifelten sie daran, und DAVID FRIEDRICH STRAUSS hat erklärt, daß erst die Zukunft darüber entscheiden würde.² Aber die Naturforscher sind darin besser beraten. „Mögen die Physiologen“, sagt ALEXANDER HERZEN, „jahrhundertlang die Nerven und das Gehirn objektiv untersuchen, sie werden dennoch dadurch nicht auch nur zu der kleinsten Vorstellung von einer Empfindung gelangen . . . , würden sie nicht selber diese Bewußt-

¹ H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse*, S. 193.

² D. F. STRAUSS, *Gesammelte Werke*, Bonn 1876, Bd. VI, S. 269.

seinszustände subjektiv erleben“.¹ Es ist vielleicht nicht überflüssig hervorzuheben, daß es sich hier nicht um eine den zeitgenössischen Naturforschern eigentümliche Ansicht handelt. Die soeben angeführte Stelle ist nur eine Umschreibung dessen, was LEIBNIZ in der *Monadologie* ebenso präzise aber mit stärkerer Bildkraft sagt: „Man muß übrigens zugestehen, daß die Wahrnehmung und was von ihr abhängt, mechanisch, d. h. durch Gestalten und Bewegungen nicht zu erklären ist. Man denke sich eine Maschine, die so gebaut ist, daß sie denkt, fühlt und wahrnimmt, und zwar unter Beibehaltung der Größenverhältnisse so vergrößert, daß man hineingehen kann wie in eine Mühle. Dann würde man, wenn man sie besichtigt, in ihrem Innern nur Teile finden, die sich gegenseitig stoßen, aber nichts, was eine Wahrnehmung erklären könnte“.² Alles das war übrigens bereits implizite in der Stelle aus DEMOKRIT enthalten, die uns durch SEXTUS EMPIRICUS überliefert ist: „denn durch Meinung und Übereinkunft, sagt er, ist das Süße und Bittere, durch Meinung das Warme und Kalte, durch Meinung die Farbe; aber wahrhaft seiend sind die Atome und das Leere“.³ BERGSON sagt: „Es gehört zum Wesen des Materialismus, die vollkommene Relativität der Sinnesqualitäten zu behaupten“.⁴

Aber wenn auch die moderne Naturwissenschaft in dieser Hinsicht keinen neuen Standpunkt eingenommen hat, so läßt sich doch nicht bestreiten, daß ihre Entdeckungen die fraglichen Theorien in ziemlich auffälliger Weise bestätigt haben. Daß Wärme und Licht nichts anderes sein können als Bewegung der Teilchen, das ergibt sich ohne Zweifel (S. 94, 250f.) aus den apriorischen Überzeugungen, die der Mechanistik zugrunde liegen, und nur auf diese Überzeugungen hat DESCARTES sich gestützt, als er diese Ansicht laut verkündete. „Man lege Feuer daran, man erhitze es und mache, daß es brenne, soviel es einem beliebt; wenn man nicht zugleich annimmt, daß irgendeiner seiner Teile sich bewege oder sich von seinen Nachbarn ablöse, so kann ich mir nicht vorstellen, daß es irgendeine Veränderung erfährt“.⁵ Ebenso haben SPINOZA und LEIBNIZ behauptet, daß das Axiom „Alles ist Bewegung“ nur aus apriorischen Gründen

¹ A. HERZEN, *Le cerveau et l'activité cérébrale*, Lausanne 1887, S. 34.

² LEIBNIZ, *Monadologie*, Opera, Ausg. ERDMANN, § 17.

³ MULLACH, *Fragmenta philosophorum graecorum*, Paris 1860, S. 357.

⁴ BERGSON, *Matière et Mémoire*, Paris 1903, S. 66.

⁵ DESCARTES, *Le monde*, Oeuvres, Bd. XI, Paris 1909, S. 7.

und nicht durch Erfahrung bewiesen werden könne. Das hindert nicht, daß die Erscheinungen der Interferenz und Polarisierung, die wir unmittelbar beobachten und die sich unter anderen Voraussetzungen gar nicht oder nur sehr schwer erklären lassen, dem Axiom eine besondere Stütze verleihen, und dasselbe gilt von der Brownschen Bewegung, wie sie von GOUY aufgefaßt wird; denn durch sie kann man die Wirkung der Bewegung der Teilchen direkt sehen.

Aber die auffälligste Bestätigung hat das erwähnte Axiom von seiten der Physiologie erfahren durch die sog. Theorie der „spezifischen Sinnesenergien“. Diese ist zwar selbst auch ein theoretischer Gedanke, stützt sich aber auf direkt beobachtbare physikalische und physiologische Tatsachen. Sie wurde zuerst um 1830 von dem Physiologen JOHANNES MÜLLER aufgestellt und besteht in der Behauptung, daß die spezifische Natur einer Empfindung nicht von der des äußeren Reizes, sondern ausschließlich von der des Organes abhängt, das die Empfindung vermittelt. Wird also z. B. der Sehnerv irgendwie gereizt, sei es nun durch das, was wir eigentlich Licht nennen, sei es durch eine mechanische oder elektrische Einwirkung oder sogar durch einen krankhaften Prozeß, immer haben wir eine Lichtempfindung. Die ursprüngliche Müllersche Theorie hat seitdem einige Abänderungen erfahren, aber es scheint doch, daß sie trotz zahlreicher Angriffe, die gegen sie gerichtet wurden, sich dennoch im wesentlichen aufrecht erhalten konnte.¹ Die physiologischen Tatsachen haben die Tendenz, sie zu bestätigen. HELMHOLTZ, der ein entschiedener Anhänger der Theorie war, hat u. a. darauf aufmerksam gemacht, daß unsere Sinnesorgane so angeordnet erscheinen, daß sie Reizen einer bestimmten Art sehr zugänglich und gegen alle anderen geschützt sind. So ist die Netzhaut gegen Druck und elektrische Erregung geschützt, während das Licht sie leicht erreichen kann.² Er hat ferner bewiesen, daß die reinsten Farben, die das Auge wahrzunehmen imstande ist, rein subjektiv sind.³

¹ Vgl. BINET, *L'âme et le corps*, Paris, o. D., S. 266. Nach neueren Untersuchungen sind die verschiedenen Arten von Empfindungen an verschiedenen Stellen unserer Haut lokalisiert. Danach gibt es in Wirklichkeit vier Hautsinne: Berührung, Kälte, Wärme, Schmerz, von denen jeder seine besonderen peripheren Organe, besondere Nervenleitungen, besondere Zentren usw. besitzt. Vgl. JOTEYKO und STEFANOWSKA, *Psychophysiologie de la douleur*, Bericht in der Revue de métaphysique, März 1909, S. 7.

² HELMHOLTZ, *Wissenschaftliche Abhandlungen*, Leipzig 1882, Bd. II, S. 602.

³ Ders., *Populärwissenschaftliche Vorträge*, Braunschweig 1876, II, S. 53.

Aber auch sehr gut begründete physikalische Tatsachen stützen die Theorie. So kann man seit den Untersuchungen von AMPÈRE¹ und MELLONI² nicht mehr daran zweifeln, daß die Schwingungen, die wir als Wärme empfinden, mit denen identisch sind, die in uns Lichtempfindungen erregen. Eine und dieselbe Ätherbewegung kann je nachdem, ob sie unsere Haut oder unser Auge trifft, in zwei ganz verschiedenen Formen von uns empfunden werden. Es ist dabei zu beachten, daß derartige Tatsachen auf deduktivem Wege nicht vorausgesagt werden konnten; gewisse längst bekannte Erscheinungen, wie z. B. das Auftreten einer Lichtempfindung bei einem Druck auf das Auge, wurden, wie HELMHOLTZ hervorhebt, ganz anders erklärt: die alten Optiker nahmen an, daß in diesem Falle wirklich objektives Licht entstehe, und JOH. MÜLLER hat das Gegenteil experimentell nachweisen müssen³; indem die Wissenschaft die aprioristischen Vorstellungen bestätigte, ist sie zugleich über sie hinausgegangen.

Zu den experimentellen Beweisen muß man noch einige mehr indirekte Überlegungen hinzufügen, die gleichfalls zu beweisen scheinen, daß die Form unserer Empfindungen, ihre Qualität, uns selbst eigentümlich ist. So sind z. B. die Physiker darüber einig, daß Schall, Licht, Wärme außerhalb unseres Leibes nichts anderes als Schwingungen sein können. Sie sind also zusammengesetzte Vorgänge; aber uns erscheinen sie nicht als solche: eine schöne einfarbige Fläche macht auf uns sicherlich den Eindruck der Einheit. Ferner variiert, wie TYNDALL⁴ bemerkt hat, die Intensität unserer Empfindung in ganz anderer Weise als die Energie der sie hervorruhenden Schwingungsbewegung. Übrigens besteht zwischen der Art, wie unsere Organe gewisse Vorgänge außerhalb unseres Leibes wahrnehmen, gar keine Ähnlichkeit, obwohl wir zwischen den Vorgängen selbst eine genaue Analogie annehmen müssen. Das Ohr nimmt ungefähr zehn Oktaven wahr, während das Auge sich mit einer knappen Sexte begnügen muß. Innerhalb dieser Grenzen sind die Gehörs-

¹ Vgl. RUBENS, *Le spectre infra-rouge*, Congrès international de physique de 1900, Bd. II, S. 142.

² MELLONI, *Sur l'identité des diverses radiations*, Comptes rendus de l'Académie des sciences, XV, 1842, S. 454 f. — Vgl. ABRIA, *Observations etc.*, Travaux de la Société de Bordeaux, Bd. IV, S. 78 f.

³ HELMHOLTZ, *Populärwissenschaftliche Vorträge*, 4. Aufl., Braunschweig 1896, Bd. II, S. 220.

⁴ TYNDALL, *Fragments of Sciences*, London 1871, S. 137 u. 195.

empfindungen deutlich in einer Reihe angeordnet; unter drei Tönen, können wir sofort den angeben, der zwischen den beiden anderen liegt; die Empfindungen des Auges dagegen sind einander gleichwertig, und wenn wir die Reihenfolge der Regenbogenfarben nicht auswendig gelernt haben, so sehen wir gar keinen Grund, weshalb wir das Gelb zwischen das Rot und das Blau und nicht umgekehrt das Rot zwischen Gelb und Blau stellen sollen. Immerhin, auch für das Ohr hat die Empfindung nichts Quantitatives an sich — die Empfindung des Tones G ist, nach einer treffenden Bemerkung von COURNOT,¹ keineswegs das Anderthalbfache von der des C. Das Ohr nimmt jede elementare Empfindung für sich wahr, und zwei gleichzeitige Empfindungen rufen immer den Eindruck von etwas Zusammengesetztem hervor; für das Auge dagegen erweckt ein Farbenmisch den Eindruck des Einfachen: eine Mischung von rot und blau gibt die Empfindung violett, eine solche von gelb und rot ergibt orange, beide Mischfarben aber erscheinen als vergleichbar mit den Spektralfarben. Eine Vereinigung sehr nahe benachbarter Schattierungen wirkt angenehm auf das Auge, die entsprechende Gehörsempfindung dagegen wirkt sehr unangenehm.²

Ebenso fest steht die Tatsache, daß es neben den von unseren Sinnesorganen unmittelbar empfundenen Schwingungen noch andere gibt, die ihnen in jeder Hinsicht ähnlich sind, aber von uns nicht unmittelbar wahrgenommen werden. Das wirkliche Spektrum erstreckt sich bekanntlich weit über das rote und das violette Ende des sichtbaren Spektrums hinaus; alle diese Schwingungen rufen auf unserer Netzhaut keinerlei Eindrücke hervor; dennoch verhalten sie sich in anderen Hinsichten genau wie das uns bekannte Licht, sie lassen sich brechen, spiegeln, polarisieren und zur Interferenz bringen. Ebenso nehmen wir weder die Hertz'schen Wellen noch die Röntgen- oder die Kathodenstrahlen direkt wahr; selbst die Elektrizität, eine der wichtigsten Energieformen, vielleicht ihre Grundform, nehmen wir nicht unmittelbar wahr. Stellen wir uns mit CONDILLAC³ ein Wesen vor, dessen Sinnesorgane von den uns-

¹ COURNOT, *Matérialisme*, etc. Paris 1875, S. 398.

² KOZŁOWSKI (*Sur la nature des combinaisons chimiques*, Congrès de philosophie de 1900, Bd. III, S. 553, 540) bringt durch eine scharfsinnige Hypothese den Unterschied zwischen dem Gehör und dem Gesichtssinn mit der Tatsache in Zusammenhang, daß die Empfindungen dieses letzteren Sinnes einen räumlichen Charakter besitzen, der den Gehörsempfindungen abgeht.

³ CONDILLAC, *Logique, Oeuvres*, Paris 1798, Bd. XXII, S. 77.

rigen verschieden sind, dessen Auge z. B. in der Art unseres Ohres empfinden oder polarisiertes Licht von anderem Licht unterscheiden könnte, oder das Organe besitzt, um die eine oder andere der Ätherbewegungen direkt wahrzunehmen, von denen wir soeben sprachen, so leuchtet es ein, daß die Außenwelt einem solchen Wesen ganz anders als uns erscheinen müßte. Möglicherweise ist diese Annahme sogar in der Natur verwirklicht; denn es steht keineswegs fest, daß die Sinnesorgane der Tiere den unsrigen völlig gleichen; es ist sogar im Gegenteil ziemlich wahrscheinlich, daß ihre Organe von Reizen noch erregt werden, bei denen für uns die Empfindung aufhört; vielleicht verfügen sogar manche Tiere über Sinnesorgane, die uns völlig fehlen.¹

Trotz der imposanten Menge von Tatsachen, die alle in diesem Gebiete die kinetischen Auffassungen zu bestätigen scheinen, haben dennoch die Philosophen Einwände dagegen erhoben. Am weitesten ist dabei CZOLBE gegangen. Er nimmt an, daß die Schall- und die Lichtwellen an sich mit den entsprechenden Qualitäten ausgestattet seien und sich bis ins Gehirn nur durch einen rein mechanischen Prozeß fortpflanzen; alle Gegenbeweise der Naturwissenschaft hält er für bloßen Schein, der sich bei fernerm Fortschritt der Physik heben werde.² Etwas vorsichtiger drückt sich LOTZE aus; er hält die Beweise, die man anführt, für unzureichend; nichts hindere uns, anzunehmen, daß die Dinge selbst von roter Farbe und süßem Geschmack seien; sie wirken freilich auf uns nur durch Bewegungen, die als solche weder rot noch süß sind; aber es könnte sein, daß diese Bewegungen in uns die ursprünglichen Qualitäten der Dinge wiederentstehen ließen nach Art des Telephons, dessen Empfänger der elektrischen Energie ihre ursprüngliche Form wiedergibt.³ BOUTROUX geht näher auf das Problem der spezifischen Nervenenergie ein: „Wenn dasselbe Agens die verschiedenen Sinne verschieden affiziert, so kommt das vielleicht daher, weil es dem Scheine nach einfach, tatsächlich kompliziert ist und in Wirklichkeit ebenso viele unterschiedene Agenzien in sich einbegreift, wie es verschiedene Empfindungen verursacht. Wärme, Licht und Elek-

¹ HAECKEL, *Die Welträtsel*, Volksausgabe, Stuttgart, S. 120. — LE DANTEC, *Les limites du connaissable*, Paris 1903, S. 112.

² Vgl. LANGE, *Geschichte des Materialismus*, 4. Aufl., Iserlohn 1882, S. 459 f.

³ LOTZE, *Metaphysik*, Leipzig 1879, S. 506—507.

trizität z. B. können einander auf eine mehr oder weniger feststehende Art begleiten, ohne deshalb zu einem und demselben Agens zu verschmelzen“.¹ Die meisten Vorgänge, die man bei dieser Gelegenheit anzuführen pflegt, beruhen auf elektrischen Erregungen. Es ist also vor allem wichtig, sich über die Natur der letzteren klar zu werden; darüber hat BERGSON sich ausgesprochen: „man kann sich fragen“, sagt er, „ob die elektrische Erregung nicht verschiedene Bestandteile enthält, die den verschiedenen Arten von Empfindungen objektiv entsprechen, und ob nicht die Rolle jedes einzelnen Sinnes einfach darin besteht, sich den Bestandteil herauszusuchen, der ihn interessiert.“ Der Physiker konnte Licht mit elektromagnetischer Störung identifizieren. Umgekehrt könnte man sagen, daß das, was er hier elektromagnetische Störung nennt, Licht sei.²

Trotz des großen und berechtigten Ansehens, das die drei Denker LOTZE, BOUTROUX und BERGSON genießen, kann man nicht finden, daß sich die Naturwissenschaft bisher irgendwie um diese Lehren gekümmert hätte. Das ist leicht zu erklären: BERGSON, der das Problem am präzisesten formuliert, kehrt die elektromagnetische Theorie des Lichtes in sehr scharfsinniger Weise um; aber diese Umkehrung ändert ihr Wesen von Grund aus. Der Physiker, der die elektrischen Vorgänge als einfach und das Licht als eine ihrer Formen ansieht, wird sich sicherlich sträuben, eine Theorie anzunehmen, die er als der seinen gerade entgegengesetzt betrachten muß. Er könnte höchstens die Möglichkeit zugeben, daß die elektrischen Schwingungen sich infolge eines unbekannten Prozesses, dem sie in den Nervenenden unterworfen sind, derart komplizieren, daß sie sich in das verwandeln, was wir Lichtwellen nennen. Aber diese Hypothese würde BERGSON in keiner Weise helfen, denn es bliebe noch immer dabei, daß die Schwingungen außerhalb des Leibes rein elektrische sind, in keiner Weise an der Natur des Lichtes teilhaben und imstande sind, andere als Lichtempfindungen in uns auszulösen.

Es ist merkwürdig, daß diese Ansichten erst im XIX. Jahrhundert, also seit der Aufstellung der Theorie von den spezifischen Sinnesenergien, aufgetaucht sind, obwohl man doch schon seit langem annahm, daß der Schall aus materiellen Schwingungen besteht,

¹ BOUTROUX, *Die Kontingenz der Naturgesetze*, deutsch v. BENRUBI, Jena 1911, S. 62.

² BERGSON, *Matière et Mémoire*, Paris 1903, S. 41.

m. a. W. daß dieselben Schwingungen durch die Organe des Tastsinnes als Schwingungen und durch das Ohr als Schall wahrgenommen werden können.

Aber diese Theorie ist eigentlich nur ein präziserer Ausdruck für den Satz, der in der Tat das Grundpostulat der Mechanistik bildet. Von Anfang an und *a priori* muß die Mechanistik zugeben, daß die Empfindung für sie unerklärbar bleibt, und es bleibt ihr daher nichts anderes übrig, als aus der Not eine Tugend zu machen und als Errungenschaft auszuposaunen, was im Grunde nur die Anerkennung einer für sie unübersteiglichen Grenze bedeutet. Wenn man erklärt, daß die Qualität der Empfindung, ihr *quid proprium*, aus dem Sinnesorgan stammt und außerhalb dieses nicht existiert, so scheint es zunächst, als würde damit das Problem schärfer abgegrenzt, als würde es aus der Physik ausgeschaltet und der Physiologie überwiesen und damit auf eine Zeit vertagt, wo diese Wissenschaft solche Fortschritte gemacht haben wird, wie die Physik sie bereits gemacht hat; aber das ist eine optische Täuschung. Angenommen, die Physiologie gelangte eines Tages dahin, daß sie nur noch ein Kapitel der Physik wäre, und wir wüßten genau, was sich in einem Nerv abspielt, so können wir mit LEIBNIZ und HERZEN im voraus sagen, daß wir dort weiter nichts finden können als mechanische Bewegungen und nichts, was einer Empfindung auch nur ähnelt. Wollen wir also weiter die Fiktion aufrecht erhalten, als hätten wir die Welt wirklich erklärt, so bleibt uns nichts übrig, als die Empfindung zu leugnen oder, wenn man lieber will, sie als *quantité négligeable* zu behandeln, als „Meinung“ oder Übereinkunft wie DEMOKRIT; wir würden sagen, als „Epiphänomenon“. Das ist offenbar paradox. Die Erscheinung ist weiter nichts als Empfindung; die Erscheinung erklären heißt also die Empfindung erklären. Wie sollen wir aber als Erklärung ansehen, was weiter nichts als eine reine Leugnung ist?

Diese Feststellung überrascht uns nicht. Wir kennen die wahre Bedeutung der Mechanistik und bemerken lediglich, daß sie als treue Dienerin der Kausalität ihr Werk der Zerstörung der Außenwelt gleich damit anfängt, daß sie einen Teil der Wirklichkeit ableugnet; nachher übernehmen dann die Prinzipie der Erhaltung und der Einheit die Vollendung dieses Zerstörungswerkes. Sicherlich sind die Proteste der Philosophen unter diesem Gesichtspunkt durch-

aus berechtigt. Aber es leuchtet ein, daß sie hinsichtlich der Naturwissenschaft zur Wirkungslosigkeit verdammt sind. Wenn unser Bemühen nicht ganz vergeblich gewesen ist, so wird der Leser begriffen haben, wie tief die mechanistischen Vorstellungen die Wissenschaft durchdringen, wie sehr sie mit ihr verschmolzen sind. Nun steht aber die Empfindung unglücklicherweise außerhalb der Mechanistik und wird immer außerhalb bleiben. Verstehen wir uns jedoch recht! Wir sprechen von der Empfindung und nicht von der Empfindlichkeit. Wir können uns sehr wohl eine Theorie denken, die mechanisch erklärt, daß ein Organismus auf einen Lichtreiz in ganz bestimmter Weise reagiert. Da das Licht eine Bewegung ist, versteht man, daß es auch Bewegung hervorrufen kann. Nehme ich aber an, daß der betreffende Organismus eine *Lichtempfindung* hat, so entzieht sich diese Empfindung der mechanischen Erklärung genau so wie meine eigene. Zu behaupten, sie sei eine Bewegung, wäre sinnlos, denn bei meiner eigenen Lichtempfindung habe ich die unmittelbare Gewißheit, daß sie nichts mit der Bewegungsempfindung gemein hat.

Wir finden also hier eine wirkliche Grenze der kausalen Erklärung, wenigstens soweit sie sich in der mechanistischen Form vollzieht; und diese Grenze ist offenbar unüberschreitbar. Man könnte sagen, es gebe hier etwas Unerkennbares, Transzendentes; aber vielleicht sind diese Ausdrücke mißverständlich. Wir müssen uns nämlich erinnern, daß das, wovon wir hier behaupten, es sei unerkennbar, einzig und allein die *Art* der Umwandlung von mechanischer Bewegung in Empfindung ist. Die beiden Endglieder der Umwandlung dagegen glauben wir vollkommen zu kennen. Daß das Licht eine Bewegung ist, steht, wie wir gesehen haben, so fest, wie eine naturwissenschaftliche Theorie überhaupt stehen kann*, und was die Empfindung betrifft, so ist sie die Urtatsache, aus der alle anderen abgeleitet werden. Beides erfassen wir völlig; wir sind auch zu der Annahme genötigt, daß sie miteinander verknüpft sind. Jene Bewegung nämlich ruft diese Empfindung hervor; aber es gelingt uns nicht, diese Verknüpfung zu einer logischen zu machen, sie bleibt selbst eine reine Tatsache. Um also jedes Mißverständnis auszuschließen und die besondere Natur des Unerkennbaren oder Trans-

* Den Betrachtungen des Textes liegt die Undulationstheorie des Lichtes zugrunde. Ltn.

zendenten, das wir hier annehmen, deutlicher zu bezeichnen, ziehen wir vor, es mit einem anderen Ausdruck zu bezeichnen.¹ Wir werden den Ausdruck *Irrational* benutzen. Die sehr bestimmte Bedeutung, die dieser Ausdruck in der Mathematik besitzt, kann wohl kaum stören, und andererseits nähert sich die Bedeutung, die wir dem Ausdruck hier geben, dem Gegenteil von *rational*, wie dieses Wort etwa in der Bezeichnung „rationale Mechanik“ gebraucht wird. Er hat den Vorzug, deutlich zum Ausdruck zu bringen, daß hier eine von uns für sicher gehaltene Tatsache vorliegt, die aber unbegreiflich ist und bleibt, die unserer Vernunft unzugänglich ist, sich auf rein rationale Elemente nicht zurückführen läßt.

Man muß sich andererseits klar machen, daß wir dadurch, daß wir diese Grenze setzen, nicht nur behaupten, daß wir dieses Irrationale nie begreifen werden, sondern sogar, daß wir uns diesem Begreifen nicht einmal unbegrenzt annähern können, sondern daß wir uns lediglich der Grenze selbst nähern. Dadurch unterscheidet sich unser Begriff von dem, den LEIBNIZ gelegentlich benutzt. Er scheint anzunehmen, daß die Natur nichts Widersprechendes noch Unbegreifliches verwirklichen könne. Was uns als solches erscheine, sei nur unendlich kompliziert und erfordere, um verstanden zu werden, eine unvollendbare Analyse²; in Ermangelung dieser letzteren machen wir von der Erfahrung Gebrauch. LEIBNIZ drückt diese seine Lehre in einem jener packenden Bilder aus, die ihm zur Verfügung standen; er sagt nämlich, daß alles aus begreifbaren Ursachen geschieht, d. h. aus Ursachen, die wir fassen könnten, „wenn ein Engel sie uns enthüllte“.³ Wir dagegen werden mit SCHOPENHAUER sagen, daß uns die Enthüllung durch den Engel nichts nützen würde, weil uns das Organ fehlt, sie zu begreifen.⁴ Wie SPIR⁵ glauben also auch wir, daß in diesem Punkte ein unauf-

¹ Gewisse Diskussionen, die auf diesem Gebiete stattgefunden haben scheinen uns gerade aus diesem Mißverständnis zu entspringen. Vgl. besonders FOUILLÉE, *L'abus de l'inconnaissable*, Revue philosophique, XXXVI, 1893, S. 365.

² LEIBNIZ, *De scientia universali*, Ausg. ERDMANN, S. 83.

³ Ders., *Philosophische Schriften*, Ausg. GERHARDT, Bd. VII, S. 265. Wir haben wegen des Zusammenhangs *percipi* mit „fassen“ übersetzt. Die Leibnizsche Lehre wird ausgezeichnet von COUTURAT dargestellt, *La logique de Leibniz*, Paris 1901, S. 256, 257, 261. — Vgl. jedoch Anhang I, S. 484.

⁴ SCHOPENHAUER, *Die Welt als Wille und Vorstellung*, *Sämtliche Werke*, Ausg. FRAUENSTADT, Bd. III, S. 206.

⁵ SPIR, *Denken und Wirklichkeit*, S. 6 f. — Vgl. das Vorwort zu der franz. Übers. von PENJON, S. VII.

hebbarer Widerspruch besteht zwischen unserem Verstand und der Natur oder, was auf dasselbe hinausläuft, der Empfindung; denn der Verstand setzt dort Identität, wo die Empfindung Verschiedenheit verlangt.

Dieses Irrationale, das gewissermaßen außerhalb der mechanischen Theorien steht, ist nicht das Einzige, dessen Existenz wir voraussetzen müssen, wenn wir das Wirklichkeitsbild annehmen, das jene Theorien entwerfen. Ein ähnliches Element kommt innerhalb dieser Theorien selbst vor. Wir sind ihm schon begegnet, als wir den Stoß und die Fernwirkung behandelten. Die Art, wie die Körper aufeinander wirken, ist nämlich ebensowenig begreiflich wie ihre Wirkung auf unsere Sinne. Es wird jedoch nützlich sein, das Hindernis, das sich hier erhebt, von einem etwas anderen Gesichtspunkt aus zu behandeln.

Es kann, um das vorweg zu nehmen, kein Zweifel darüber bestehen, daß diese Wechselwirkung der Körper einen wesentlichen Bestandteil, eine der Grundlagen der mechanischen Theorie bildet. Wir haben gesehen, daß alle diese Theorien sie *de facto* voraussetzen; aber man kann sich auch leicht davon überzeugen, daß diese Voraussetzung notwendig ist. Das Grundpostulat dieser Theorien ist nämlich die Existenz der Materie. Nun ist aber, wie SCHOPENHAUER uns gelehrt hat, für die Materie das Sein ihr Wirken; „kein anderes Sein ist auch nur zu denken möglich“.¹ Die Moleküle, aus denen soeben das flüssige Wasser bestand, haben sich, in Dampf verwandelt, meiner Wahrnehmung entzogen; das liegt einfach daran, daß sie sich in der Luft zerstreut haben, aber sie fahren fort zu existieren, jedes nimmt einen bestimmten Teil des Raumes ein, der eben dadurch für jedes andere Molekül undurchdringlich wird. Würde diese *Wirkung* des Atoms aufhören, so hörte es selbst damit auf zu existieren. Man könnte den Einwand machen, daß in der kinetischen Gastheorie angenommen wird, das Atom übe keine Fernwirkung aus, wirke also, während es frei durch den Raum fliegt, d. h. zwischen zwei Zusammenstößen überhaupt nicht im eigentlichen Sinne. Ohne Zweifel. Aber gerade, um uns vorstellen zu können, daß es in der Zwischenzeit existiert, müssen wir voraussetzen, daß es ständig zur Wirkung bereit ist, daß die Wirkung in ihm „potentiell“ fortbesteht; sonst wäre es nicht denkbar, daß es sie beim nächsten

¹ Vgl. oben S. 78.

Zusammenstoß ausübt. ROSENBERGER, der als Geschichtsschreiber der Physik darin sehr sachverständig ist, hat sich darüber gewundert, daß die Gesetze des Stoßes, der doch das Grundphänomen der Physik bildet, auf das man alle anderen zurückzuführen strebt, erst sehr spät und dann noch unvollständig untersucht worden sind, und das in einem Jahrhundert, das doch sonst für Versuche eine große Vorliebe hatte¹; in der Tat war die erste derartige Untersuchung die von MARIOTTE in seinem *Traité de la percussion* (1677). Darin liegt aber eine Verkennung der Rolle, die diese Erscheinung in den mechanischen Theorien spielt. Wenn sie dazu dienen sollte, die anderen Erscheinungen zu erklären, sie verständlich zu machen, so offenbar deshalb, weil man sie selbst für verständlich hielt. Das war ohne Zweifel eine Täuschung; aber wir haben gesehen, daß diese Täuschung durch die Natur der mechanischen Erklärung selbst erheischt wurde (S. 99 f.). Es ist deshalb nur natürlich, daß man glaubte, die Regeln des Stoßes *a priori* ableiten zu können; sie *a posteriori* aufsuchen, wäre ein Widerspruch gewesen, allerhöchstens konnte es sich darum handeln, sie zu verifizieren.

Aus demselben Gedankengang heraus kann man sich auch leicht die Tatsache erklären, die COURNOT² und STALLO³ sehr sorgfältig bewiesen haben, daß die Undurchdringlichkeit kein Erfahrungsbegriff ist und nicht einmal durch die Erfahrung nahegelegt zu werden scheint. Man braucht sich nur an die oben erwähnte Meinung von LEIBNIZ zu erinnern.⁴ LEIBNIZ will beweisen, daß, wenn man nicht einen derartigen Begriff zugrunde legt, jede mechanische Wechselwirkung der Körper, d. h. jeder Vorgang überhaupt unmöglich wird. Es handelt sich hier also, wie er selbst sagt, um ein metaphysisches Prinzip, und SCHOPENHAUER hat das Wesen dieses Begriffs vorzüglich erfaßt, wenn er erklärt, daß die Undurchdringlichkeit nichts anderes ist als das Prinzip der Wirksamkeit der Körper.⁵

Zum Überfluß können wir uns jetzt, da wir die wahre Natur der wissenschaftlichen Erklärung kennen, direkt überzeugen, daß diese Erscheinung sich ihr entzieht. Wir brauchen zu diesem Behufe nur die Prüfung wieder aufzunehmen, die wir im zweiten Kapitel

¹ ROSENBERGER, *Geschichte*, Bd. II, S. 175.

² COURNOT, *Traité de l'enchaînement*, Bd. I, S. 246.

³ STALLO, a. a. O. S. 64.

⁴ Vgl. S. 65 und Anhang I, S. 477 f.

⁵ SCHOPENHAUER, *Die Welt als Wille und Vorstellung*, Bd. I, S. 12—13.

begonnen haben, und zu untersuchen, wie weit die über die Wirkungsweise der Atome aufgestellten Hypothesen sich den Anforderungen des Prinzips der Identität fügen können. Daß die dynamische Ansicht dazu absolut nicht imstande ist, fällt sofort in die Augen. Nach ihr nämlich soll die Bewegung aus etwas entstehen, was ihr durchaus heterogen ist (S. 72); was vom Zentrum ausgeht und den Raum durchquert, ist bestimmt keine Bewegung, die dynamische Hypothese verbietet uns ausdrücklich, es als solche aufzufassen. Es liegt also eine unbegreifliche Verwandlung, ein Mangel an Identität vor, d. h. es gibt hier keine Erklärung.

Die Vorstellung von der Wirkung durch die Berührung erscheint zunächst als befriedigender. Der bewegende Körper befand sich selbst in Bewegung, er hat diese nur auf einen anderen Körper *übertragen*; es hat also den Anschein, als sei die Identität gewahrt geblieben und als hätte etwas, die Bewegung nämlich, bloß seinen Ort gewechselt, indem es vom ersten zum zweiten Körper übergang. Es handelt sich also, kurz gesagt, um die Auffassung der Bewegung als Substanz, woraus auch das Trägheitsprinzip entspringt. Aber je mehr wir versuchen, diese Vorstellung zu vertiefen, desto weiter sehen wir sie uns entschwinden. Es kann keine Bewegung ohne materielles Substrat geben, ohne etwas, was sich bewegt. Die Bewegung hat gar nichts von einer Substanz, allerhöchstens könnten wir sie als einen *Zustand* ansehen. Aber angenommen, wir stellten uns auf diesen Standpunkt und betrachteten den Zustand als einen solchen, der unbegrenzt andauert, wie das Trägheitsprinzip es verlangt, wie kann er sich dann von einem Körper lösen und sich an einen anderen anheften? Dazu wäre nötig, wie LOTZE sehr richtig bemerkt hat,¹ daß dieser Zustand zwischen den Körpern einen (wenn man will, beliebig kurzen) Augenblick für sich existiert wie eine echte Substanz, was absurd ist. Aber es ist auch nicht möglich, anzunehmen, daß dieser Übergang nur einen unendlich kurzen Zeitraum beansprucht. Alles in der Natur spielt sich in der Zeit ab; würde man einräumen, daß irgend etwas außerhalb der Zeit stattfinden kann, so würde man damit zugeben, daß der ganze Ablauf nicht mehr durch die Zeit bedingt ist.² In Wirklichkeit ist es gänzlich unmöglich, sich den Übergang der Bewegung von einem

¹ H. LOTZE, *Grundzüge der Naturphilosophie*, 2. Aufl., Leipzig 1889, S. 17.

² LOTZE, a. a. O. S. 35.

Atom auf ein anderes vorzustellen, ohne daß eine besondere Fähigkeit, ein geheimnisvolles Agens dabei im Spiele wäre (S. 65). Es gelingt der Mechanistik nur deshalb scheinbar, die Erscheinungen abzuleiten, weil wir in Gedanken im Atom immer ein transitives Wirkungsprinzip festhalten, das wir Undurchdringlichkeit nennen (Festigkeit, Antitypie), und weil diese *qualitas occulta* durch eine besonders feste Vorstellungsassoziation mit der Materie verknüpft ist.

Beachten wir indessen, daß die mechanische Wirkung uns sicher nicht aus dem Grunde unbegreiflich erscheint, weil sie uns nicht genügend vertraut wäre. Die Wirkung durch die Berührung erscheint uns in jeder Hinsicht als die natürlichste Sache von der Welt. Wir erhalten von ihr eine unmittelbare Kenntnis durch den Tast- und den Muskelsinn, fortdauernd erfahren wir sie und üben sie aus, sie ist die Hauptquelle unserer Vorstellung von der Materie. Was den für die dynamischen Hypothesen kennzeichnenden Kraftbegriff betrifft, so steht fest, daß ich in jedem Augenblick der Schwerkraft unterworfen bin, daß ich nur einen Gegenstand in der Hand zu halten brauche, um zu fühlen, wie er zur Erde strebt, daß auch alle Teile meines Leibes dorthin streben, was ich gleichfalls in jedem Augenblick sehr deutlich spüre, da ich ja genötigt bin, meine Bewegungen dementsprechend zu berechnen. Die Vorstellung der Kraft entspringt übrigens aus einer Empfindung, die man als Anstrengung zu bezeichnen pflegt. Aber obgleich diese Wirkung, die ich ausübe und erfahre, als Tatsache feststeht, bleibt sie doch unserem Verstehen unzugänglich. Niemand hat das besser erkannt und deutlicher ausgedrückt als HUME: „Als zum ersten Male die Mitteilung einer Bewegung durch Stoß, wie etwa bei dem Zusammenpralle zweier Billardkugeln, von einem Menschen beobachtet wurde, konnte dieser nicht aussagen, daß das eine Ereignis mit dem anderen *verknüpft* war, sondern nur, daß das eine mit dem anderen *im Zusammenhang* stand. Nachdem er mehrere Beispiele dieser Art gesehen hat, erklärt er sie für *verknüpft*. Was hat sich so geändert, daß diese neue Vorstellung der *Verknüpfung* entstand? Weiter nichts, als daß er nun diese Ereignisse als in seiner Einbildung *verknüpft empfindet* und leicht das Dasein des einen aus dem Auftreten des anderen vorhersagen kann“.¹ M. a. W. die mechanische

¹ HUME, *Enquiry concerning Human Understanding*, deutsch v. RAOUL RICHTER, Leipzig 1907, S. 91.

Wirkung ist ein Gesetz, aber sie ist keine Deduktion und kann es nie werden.

Nebenbei bemerkt war HUME durchaus nicht der erste, der eine solche Ansicht ausgesprochen hat. Die transzendente Natur des Hindernisses, auf das unser Verstehen hier stößt, war bereits seit sehr langer Zeit bekannt. Das Problem, um das es sich handelt, ist nämlich kein anderes als das unter dem Namen „Wechselwirkung der Substanzen“ bekannte. Die Scholastiker hatten sich mit ihm beschäftigt, und besonders HOLKOT hat darüber Gedanken entwickelt, deren Verwandtschaft mit den Humeschen überraschend ist.¹ LOCKE hat gleichfalls gesagt, daß die Übertragung der Bewegung unbegreiflich sei.² Bei LEIBNIZ bildet diese Unbegreiflichkeit eine wesentliche Voraussetzung seiner Vorstellung von der „prästabilierten Harmonie“; verläuft doch nach dieser Ansicht scheinbar alles so, als bestimmte der Mechanismus allein den Lauf der Welt, während in Wirklichkeit jede Monade sich für sich ohne die Möglichkeit eines Verkehrs mit den anderen entwickeln, aber auf Grund einer am Anfang aller Dinge festgesetzten Ordnung ein Bild, einen Spiegel der Welt darbieten soll. Der Occasionalismus CORDEMOYS, den MALEBRANCHE weiter entwickelt hat, behauptet, daß bei jedem Zusammenstoß von Materie das Eingreifen eines geheimen Agens — des Willens Gottes — nötig ist. „Die Körper üben gar keine Wirkung aus, sagt MALEBRANCHE, und wenn eine bewegte Kugel auf eine andere trifft und sie in Bewegung setzt, so überträgt sie nichts auf sie, was sie besäße; denn sie besitzt nicht selbst die Kraft, die sie überträgt. Eine natürliche Ursache ist also durchaus keine wirkliche und wahrhafte Ursache, sondern nur eine Gelegenheitsursache, die den Schöpfer der Natur dazu bestimmt, bei dem und dem Zusammentreffen so und so zu handeln“.³ Wir wollen hier bemerken, daß das, was MALEBRANCHE eine „wirkliche und wahrhafte Ursache“ nennt, nicht unter den Begriff fällt, den wir mit dem Ausdruck „wissenschaftliche Kausalität“ bezeichnet haben. Später werden wir sehen, welchen Begriff er eigentlich benutzt. Nach dieser Einschaltung wenden wir uns wieder der so präzisen Zergliederung HUMES zu.

¹ Vgl. GONZALEZ, *Histoire de la philosophie*, Paris 1890, S. 408.

² LOCKE, *An Essay concerning Human Understanding*, London 1759, Bd. I, Kap. 23, S. 135.

³ MALEBRANCHE, *De la recherche de la vérité*, Paris 1712, Bd. III, S. 113

Denkt man über seine Feststellung etwas nach, so setzt sie einen in Erstaunen. Allerdings haben auch wir im zweiten Kapitel bewiesen, daß das Atom nicht wirken könne, nicht einmal durch Berührung; das liegt aber daran, daß, wie wir im siebenten Kapitel anerkannt haben, das Atom nicht mehr aus Materie besteht, daß es aller Eigenschaften entkleidet worden ist, die diese ausmachen, so daß es eigentlich nur noch ein Stück Raum ist. Hier aber haben wir, so scheint es, bei unseren Schlüssen echte Materie vorausgesetzt, wie der gemeine Menschenverstand sie kennt, und wenn HUME von seinen Billardkugeln spricht, so stellt er sie sich gewiß in voller Wirklichkeit als sichtbar und *tastbar* vor. Ist es möglich, daß auch dieser Begriff die transitive Wirkung nicht enthält?

Wir haben soeben den Ausdruck „*tastbar*“ benutzt; gewissen Denkern erscheint nämlich der Tastsinn als der oberste Richter über die Wirklichkeit; es ist dies die Theorie von dem Vorrang des Tastsinns, die vor allem seit BERKELEY landläufig geworden ist und die BUFFON, CONDILLAC, MAINE DE BIRAN, STUART MILL, SPENCER, BAIN¹ angenommen haben. Insbesondere nimmt diese Theorie hinsichtlich des Gesichtsinnes an, daß unsere Gesichtseindrücke nur Zeichen seien, die wir auf Grund von momentanen Assoziationen in Tastvorstellungen übersetzen, da unsere Raumvorstellung ausschließlich auf dem Tastsinn beruht. BERKELEY hat diese Theorie in seinem ausgezeichneten *Versuch einer neuen Theorie des Sehens*² dargestellt.

Wir wollen gleich sagen, daß uns diese Theorie kaum als annehmbar erscheint. Hätte wirklich einer unserer Sinne die Fähigkeit, seine Gesetze den anderen absolut vorzuschreiben, so müßte sich eine solche Tatsache, scheint uns, durch unverkennbare Anzeichen kundgeben, durch ein tiefes und allgemeines Gefühl, das keinem Zweifel Raum läßt.³ Nun kann man sich aber leicht überzeugen, daß dies nicht der Fall ist. Die moderne Psychologie bringt

¹ Vgl. DUNAN, *L'espace visuel et l'espace tactile*, Revue philosophique, Bd. XXV, S. 136, und LALANDE, Bulletin de la Société française de philosophie, 3. Jahrg. 1903, S. 60.

² BERKELEY, *An Essay towards a New Theory of Vision*, Works, herausgeg. v. FRASER, Oxford 1871, Bd. I, besonders § 45 u. f.

³ HARTMANN glaubte, daß die Bedeutung des Tastsinnes als „Sinn der Realität“ auf den erwachsenen Menschen beschränkt sei, während beim Kinde der Geschmack und bei gewissen Tieren der Geruch diese Rolle spielen (*Das Grundproblem der Erkenntnistheorie*, Leipzig, 2. Aufl. 1914, S. 25).

dafür wertvolle Zeugnisse bei. Es handelt sich dabei um Beobachtungen über die Beziehungen der Raumvorstellung der Blindgeborenen zu derjenigen der Sehenden. Bereits im XVII. Jahrhundert hatten MOLYNEUX und LOCKE bemerkt, daß hier ein Problem vorlag, das einer Lösung harrete.¹ Später hat HAMILTON die Aufmerksamkeit auf eine Beobachtung PLATNERS gelenkt.² Endlich hat CHARLES DUNAN diese Ansichten dahin zusammengefaßt, daß, wenn die Raumvorstellung des Blindgeborenen von der des Sehenden verschieden ist (und darin stimmen alle Forscher überein), wir anerkennen müssen, daß die Raumvorstellung des Sehenden allein aus dem Gesichtssinn stammt und daß wir, anstatt, wie BERKELEY meinte, die Gesichtsvorstellungen in solche des Tastsinnes zu übersetzen, vielmehr umgekehrt diese in jene übertragen.³ Neuerdings hat LALANDE eine Beobachtung mitgeteilt, die ebenfalls zu beweisen scheint, daß in gewissen Fällen die Gesichtswahrnehmungen uns ein stärkeres Gefühl der objektiven Wirklichkeit vermitteln als irgendeine andere Empfindung.⁴ Diese Fragen bildeten den Gegenstand einer gründlichen Diskussion in der französischen philosophischen Gesellschaft.⁵ Als für uns wichtigstes Ergebnis dieser interessanten Debatte wollen wir uns die Tatsache merken, daß ein präziser Beweisgrund zugunsten des Primats des Tastsinns dabei nicht zum Vorschein gekommen zu sein scheint; das wäre freilich, wir wiederholen es, überraschend, wenn der Tastsinn wirklich der eigentliche Sinn der Außenwelt wäre. Es läßt sich jedoch im Gegenteil zeigen, daß er in dieser Hinsicht gar keinen Vorrang einnimmt.

Bei näherem Zusehen erkennen wir ohne weiteres, daß es sich bei den Tastempfindungen ebenso um spezifische Sinneseindrücke

¹ BERKELEY, a. a. O. § 8.

² Vgl. DUNAN, a. a. O. S. 355.

³ Dasselbst, S. 152—153.

⁴ LALANDE, *Revue philosophique*, Bd. LIII (53), 1902.

⁵ Bulletin de la Société française de philosophie, 3. Jahrg. 1903, S. 58 f. — KOZŁOWSKI vermutet (*Psychologiczne źródła*, Warschau 1899, S. 43, 57 f., *Zasady*, Warschau 1903, S. 234, 251) möglicherweise mit Recht, daß die Schwierigkeit, sich über diese Frage zu verständigen, daher rührt, daß man alle räumlichen Vorstellungen aus einer einzigen Quelle abzuleiten versucht, sei es aus dem Gesichts-, dem Tast- oder dem Muskelsinn. Nach seiner Ansicht beruht bei den Sehenden der zweidimensionale Raum auf dem Sehen, die Vorstellung der dritten Dimension dagegen auf den übrigen Sinnen.

handelt wie bei denen des Gehörs und des Gesichts. Man kann sich direkt davon überzeugen, wenn man bemerkt, daß die Tastempfindungen genau wie die Gehörs- und Gesichtsempfindungen rein qualitativ sind und in keiner Weise das Element der stetigen Größe enthalten, das offenbar einen wesentlichen Bestandteil unserer Raumvorstellung bildet. Wenn wir von einer Kugel behaupten, sie sei doppelt so groß wie eine andere, wird dann die von der ersten erzeugte Tastempfindung doppelt so groß sein wie die der zweiten? Keineswegs. Wir werden lediglich zwei ähnliche aber doch verschiedene Empfindungen haben, etwa wie bei zwei Schattierungen derselben Farbe oder bei zwei Tönen, die um eine Oktave verschieden sind. Wir werden Gelegenheit haben, auf diese Frage zurückzukommen, und werden dann sehen, wie das Element der Größe sich dieser qualitativen Empfindung überlagert (S. 359 f.).

Vom Standpunkt der mechanistischen Ansicht von der Außenwelt ist die Tastempfindung ebenso unerklärbar wie jede andere Empfindung. Das erscheint uns weniger evident als beim Sehen und Hören, weil beim Tasten unsere Empfindung noch mehr mit dem Vorgang außer uns verschmilzt; man braucht aber bloß die Begriffe ein wenig zu zergliedern, um zu erkennen, daß die Vorstellung von einer mechanisch wirkenden, eine andere bewegenden Materie nichts von dem *quid proprium* unserer Tastempfindung enthält. LEIBNIZ' „Mühle“ würde diese Empfindung ebensowenig wie irgendeine andere produzieren. Enthielte freilich, wie LOTZE annimmt, die wirkliche Welt neben den mechanischen Wirkungen noch andere Bestandteile, so kämen diese in die „Mühle“ nicht hinein, während jene darin ungehindert eindringen könnten. Aber das ist wiederum eine Täuschung; sie beruht darauf, daß wir bei dem Versuch, das Funktionieren unseres Gehirns zu verstehen, darauf angewiesen sind, es uns unter dem Bilde eines Mechanismus vorzustellen. In Wirklichkeit haben wir von dieser Funktionsweise gar keine unmittelbare Kenntnis. Selbst die Tatsache, daß sich der Sitz der Empfindungen und Gedanken im Gehirn befindet, ist eine verhältnismäßig junge Entdeckung; die Alten vermuteten diesen Sitz wenigstens teilweise im Herzen, und die heutigen Sprachen bewahren noch Spuren dieser Ansicht, bedeutet doch in den meisten „Herz“ soviel wie „Gemüt“. Durch äußere Beobachtung wissen wir, daß das Gehirn ungefähr die Gestalt eines großen Schwammes

hat; es könnte aber ebenso gut wie eine Artischocke oder eine Orange aussehen, ohne daß uns das mehr in Erstaunen setzen würde, denn wir wissen nichts von der Beziehung, die zwischen der Gestalt des Gehirns und seiner Tätigkeit besteht; und würden wir sie kennen, so würde sie uns doch, wie LEIBNIZ das so treffend bemerkt hat, niemals als logisch oder als notwendig erscheinen.

Da wir die Bewegung als Grundphänomen betrachten, so ist es nur natürlich, daß uns die Fähigkeit einer Materie, eine andere zu bewegen, als eine wesentliche Eigenschaft der Materie erscheint; daher der Begriff der Undurchdringlichkeit, der die Grundlage der Definition von Materie bildet, daher auch der Begriff der Masse, der jene Fähigkeit zahlenmäßig ausdrückt und in der mechanischen Theorie ganz und gar an die Stelle der Materie tritt. Jene Fähigkeit wird also für uns das wahre Kriterium der Materialität. Nun werden aber Berührungs-(Tast-)empfindung und Berührungsvorgang ständig verwechselt. Da jedoch der äußere Vorgang der Berührung (auf Grund der S. 78 angestellten Überlegungen) für das Zustandekommen der materiellen Wirkung unentbehrlich erscheint, so nimmt auch die Tastempfindung an dieser Unentbehrlichkeit teil und erscheint uns sofort als mit einer besonderen Würde begabt, als diejenige Empfindung, die uns die Stofflichkeit und damit auch den Raum vermittelt. LUKREZ verkündet: „Es gibt außer einem Körper kein Ding, das berühren oder berührt werden könnte“.¹ Das scheint auf den ersten Blick ein Ausspruch zu sein, der deutlich den Primat des Tastsinns aussagt. Man muß aber darauf achten, daß LUKREZ von dem *Ding* sagt, daß es berühren könne, womit offenbar nicht die Berührungsempfindung gemeint sein kann. Übrigens hat er gerade in den vorangehenden Versen in herrlicher Weise die zerstörenden Wirkungen des Sturmes gefeiert, um mit den Worten zu schließen: „Die Winde sind unsichtbare Körper, denn in ihren Wirkungen und Gewohnheiten erweisen sie sich den großen Flüssen ähnlich, die sichtbare Körper sind“.² Als das Unterscheidungsmerkmal der Stofflichkeit gilt ihm also (wenigstens in dem besonderen Falle der Stofflichkeit der Luft) die Fähigkeit, Wirkungen hervorzurufen; wir würden sagen die *Masse*.

¹ LUKREZ, *De natura rerum*, Buch I, Vers 305, vgl. auch Buch II, Vers 434: *Tactus enim, tactus, pro Divom numina sancta Corporis est sensus.*

² Daselbst, Buch I, Vers 296—299.

Aber wie wichtig auch dieser gedachte, abgeleitete Begriff der Materie sein mag, er ist doch weniger unmittelbar. Ursprünglich besteht, daran ist nicht zu zweifeln, das Bild der äußeren Welt aus hypostasierten Empfindungen. Können wir dieses Verfahren vollkommen aufgeben? Es scheint jedenfalls, daß wir damit unserer Einbildungskraft eine sehr große Anstrengung zumuten würden. Da nämlich die Außenwelt nichts als Empfindung ist, kann man nur schwer etwas als wirklich annehmen, das aller Empfindungsqualitäten entkleidet ist und daher auch nicht wieder Empfindung werden kann. Eine solche Materie könnte natürlich wohl eine andere bewegen, aber weder sie selbst noch irgendeine der Materien, auf die sie wirkt, könnten für uns Ursachen einer Empfindung werden; sie hätten also zu unserer Empfindung keine mögliche Beziehung und würden sich folglich verflüchtigen. Deswegen halten wir, wenn wir an die Materie denken, dieses Empfindungselement unbewußterweise, aber mit großer Kraft fest. Versucht man die Vorstellung davon ganz abzulösen, so widersteht die Einbildungskraft. Anders ausgedrückt: trotz der Definition, die wir von ihr geben, bleibt die Materie für uns doch vor allem eine hypostasierte Tast- und Gesichtsempfindung. BERGSON hat die feine Bemerkung gemacht, daß die Atome, die angeblich ohne alle physikalischen Qualitäten sind, sich in Wirklichkeit „nur in bezug auf ein mögliches Sehen und Berühren bestimmen lassen“.¹ Wir wollen hierbei bemerken, daß auch unter diesem Gesichtspunkt der Tastsinn keine Vorzugsstellung einnimmt. Man sagt manchmal, die Welt der Atome sei eine Welt der Blinden. Aber das ist sehr ungenau ausgedrückt. Denn so sicher es ist, daß wir niemals die Teilchen werden sehen können, deren Bewegung das Licht bildet, ebenso evident erscheint es, daß die körperlichen Elementarteilchen uns niemals eine Tastempfindung erwecken können; denn ganz wie die Lichtempfindung ist auch die Tastempfindung höchstwahrscheinlich die Folge einer Erschütterung der Nervenenden durch die *Bewegung* dieser Korpuskeln. Die Welt der Atome ist also auch eine Welt ohne Tastempfindung, d. h. wie wir zu Anfang des Kapitels sagten, ohne mögliche Beziehung zu unserer Empfindung.

Das erkennt man noch deutlicher an der elektrischen Theorie der Materie. Hier ist in der Tat der kühne Sprung ausgeführt

¹ BERGSON, *Matière et mémoire*, Paris 1903, S. 22.

worden, alle Beziehungen zwischen der Empfindung und dem angenommenen Substrat der Wirklichkeit, dem Elektron, sind aufgehoben; ganz offenbar hat dieser „singuläre Punkt des Äthers“ nichts Tastbares an sich. Daher geben wir auch nicht mehr vor, daß er materiell sei; er soll die Materie *erklären*, aber er ist selbst keine Materie. Die Tatsache, daß diese Theorie entstehen und sich so rasch eine Vorherrschaft in der Wissenschaft erobern konnte, bildet übrigens einen weiteren Beweis gegen den angeblichen Primat des Tastsinns; wäre nämlich dieser Sinn wirklich die höchste Instanz für die Entscheidung über die äußere Wirklichkeit, so wäre eine Theorie der Wirklichkeit undenkbar, die so gänzlich von seinen Eindrücken abstrahiert.

Denken wir jedoch an die *tastbare* Materie, so liegt diesem Begriff die Tastempfindung zugrunde, und aus demselben Stoff sind auch HUMES Billardkugeln gemacht; es ist also nicht weiter verwunderlich, daß die transitive Wirkung sich nicht unter ihren Eigenschaften findet. Es ist das nur die einfache Feststellung, daß zwei verschiedene Empfindungen auch voneinander unabhängig sind, woraus folgt, daß diese Unabhängigkeit auch erhalten bleibt, wenn man die Empfindungen zu Qualitäten hypostasiert. „Festigkeit, Ausdehnung, Bewegung, diese Eigenschaften sind alle in sich abgeschlossen und weisen nie auf ein anderes Ereignis hin, das aus ihnen hervorgehen könnte“, sagt HUME.¹

Die transitive Wirkung der Materie, die Fähigkeit, eine andere Materie zu bewegen, ist also tatsächlich etwas Irrationales in dem Sinne, den wir diesem Ausdruck oben gegeben haben, d. h. sie läßt sich nicht auf rein rationale Elemente zurückführen und wird sich niemals darauf zurückführen lassen.² Demnach stellt sich uns die Erklärung der Vorgänge, so wie sie sich aus der Mechanistik ergibt, als zwischen zwei Irrationalitäten eingeschlossen dar; die eine ist dem Objekt zugewandt: wir können nicht verstehen, wie die Körper aufeinander zu wirken vermögen; die andere dem Subjekt:

¹ HUME, a. a. O. S. 78.

² Es ist zu bemerken, daß die Relativitätstheorie diese Aufgabe, und zwar mit einem teilweisen Erfolge in Angriff genommen hat. Doch dies nur, indem sie an unser Vorstellungsvermögen wesentlich neue Ansprüche stellte. Die Grenzen des „Irrationalen“ hängen offensichtlich davon ab, was wir noch als rational anerkennen wollen. Vgl. hierzu *La déduction relativiste*, Kap. 23. [Zusatz zur 3. Auflage.]

wir verstehen nicht, wie Bewegungen sich in uns in Empfindungen verwandeln können.

Es ist übrigens klar, daß das Irrationale in beiden Fällen von gleicher Art ist, und wir können sogar glauben, daß es identisch ist. Es wird tatsächlich identisch, wenn wir entschlossen jede Hypostasierung von Tastempfindungen aufgeben und unseren Materiebegriff nur mit Hilfe der Vorstellung der transitiven Wirkung bilden, wie dies in der elektrischen Theorie der Materie geschieht; dann werden nämlich die Tastempfindungen den Gehörs- und Gesichtsempfindungen koordiniert, und das Rätsel ist dasselbe für die einen wie für die anderen.

Wir können zu diesem Ergebnis aber auch noch auf einem anderen Wege gelangen: wir brauchen nur den Vorgang außer uns mit dem Vorgang in uns gleichzusetzen. Wenn Bewegungen der Materie gewisse Organe unseres Leibes treffen, verwandeln sie sich in Empfindungen; andererseits entsteht in den Tiefen unseres Seins das, was wir Willensregungen nennen, und diese werden, indem sie andere Organe passieren, zu Bewegungen. Wir können annehmen, daß die zweiten die Folgen der ersten sind. Die Empfindung also wäre nichts anderes als die Wirkung der Körper auf uns von innen gesehen, die Willensregung dagegen unsere Wirkung auf die Körper gleichfalls von innen gesehen; es steht uns frei, anzunehmen, daß die Materie durch Empfindungen und Willensregungen reagiert. Wir befänden uns also, wie SCHOPENHAUER gesagt hat, bei der Ausübung eines Willensaktes „hinter den Kulissen“ der Natur.¹ Allerdings erscheint uns unser Wille als frei; aber der in die Luft geworfene Stein würde zweifellos auch, hätte er Bewußtsein, sich einbilden, daß er aus freiem Entschluß steigt und fällt.² Es leuchtet übrigens ein, daß diese Gleichsetzung nichts erklärt, denn wir verstehen nicht, wie eine Willensregung sich in uns in Bewegung verwandelt. Aber wir verstehen wenigstens, daß das Irrationale sehr wohl etwas Einheitliches sein könnte.

Wenn wir an die Erörterung denken, die wir über den Begriff „Ursache“ angestellt haben, so leuchtet ein, daß wir einen Vorgang

¹ SCHOPENHAUER, *Über die vierfache Wurzel usw.*, Ausg. FRAUENSTÄDT, Leipzig 1877, S. 145.

² SPINOZA, *Opera*, Haag 1883, Bd. II, S. 208. *Hic sane lapis quandoquidem sui tantummodo conatus est conscius, et minime indifferens, se liberrimum esse, et nulla alia de causa in motu perseverare, credit, quam quia vult.*

der unbelebten Natur soeben einer Erscheinung gleichgesetzt haben, die nicht aus der wissenschaftlichen, sondern aus der theologischen Kausalität entspringt. Sind wir also etwa zu weit gegangen, indem wir behaupteten, daß diese aus der Wissenschaft ganz ausgeschlossen sei? Ja und nein. Wir müssen zunächst bemerken, daß dieser Begriff eine Umwandlung erfährt, wenn er in die Wissenschaft eingeht. Der Willensakt ist seinem Wesen nach frei; da aber die Wissenschaft nur Vorgänge umfassen kann, die der Herrschaft des Gesetzes unterworfen sind, so sind wir genötigt, diese Freiheit auszuschalten, sie als Epiphänomenon zu behandeln, uns gewissermaßen einen Willen zu denken, der des Gefühls der Freiheit entkleidet ist, was zwar sicher widerspruchsvoll aber in diesem Falle unentbehrlich ist. Das sieht man deutlich aus der Stelle bei MALEBRANCHE (S. 316), der die Gottheit als Ursache setzt, dabei aber zu der Annahme genötigt ist, daß ihre Handlungen streng determiniert sind, d. h. er muß die Gottheit in diesem Falle ihres freien Willens berauben. Es handelt sich also nicht mehr um die theologische Kausalität im eigentlichen Sinne, sondern um einen verwandten Begriff, gewissermaßen ein Zwischenglied zwischen ihr und der wissenschaftlichen Kausalität. Mit der theologischen stimmt er darin überein, daß er eine fundamentale Verschiedenheit, eine absolute Heterogenität zwischen Ursache und Wirkung voraussetzt, mit der wissenschaftlichen Kausalität dagegen darin, daß er die Freiheit ausschließt. Man kann diesen Begriff als den der *effizienten Kausalität* bezeichnen.

Außerdem tritt dieser Begriff nur an der äußersten Grenze des Reiches der Erklärung auf. Unermüdlich sucht die Wissenschaft nach der Identität in den Vorgängen, schreibt sie ihnen sogar nötigenfalls vor. Wo aber dieses Bemühen vergeblich bleibt, wo sich das Irrationale kundgibt, bewirkt die Assoziation, die sich zwischen den beiden Vorstellungen von Ursache gebildet hat — deren eine aus der Vernunft und deren andere aus dem unmittelbaren Erlebnis des Wollens stammt —, daß sozusagen verstohlenerweise die zweite oder wenigstens ihr Wiederschein die Stelle der ersten einnimmt. Nichts anderes tat MALEBRANCHE, als er die Wirkung der Körper aufeinander dem Willen der Gottheit zuschrieb. Abgesehen davon, daß wir diese pseudo-theologische Ansicht durch eine pseudo-metaphysische ersetzen, handeln wir genau

so, wenn wir die Atome mit einer geheimnisvollen Fähigkeit ausstatten, die wir *Undurchdringlichkeit* oder *Kraft* nennen, die aber natürlich, unter diesem Gesichtspunkt betrachtet, ebenso irrational bleibt wie MALEBRANCHES Akt der Gottheit; denn die Wirkung, die hervorgebracht werden soll, ist eine Bewegung, aber was man in den Körper verlegt, kann nur eine Fähigkeit sein. Man braucht übrigens diese Begriffe nur genauer zu untersuchen, um zu finden, daß sie von Empfindungen abstammen, die unlösbar mit Willensakten verknüpft sind. LEIBNIZ erklärt, als er sein Prinzip des Handelns und Leidens einführt, daß es „sehr verständlich ist, obgleich es zum Bereich der Metaphysik gehört“; aber der Ausdruck „verständlich“ hat bei ihm nicht dieselbe Bedeutung, die wir ihm geben. Was er sagen will, ist, daß der Begriff einer Sache entspricht, die wir deutlich und direkt fühlen, und die Häufung der Ausdrücke *Macht*, *Wirkung*, *Widerstand*, *Anstrengung* läßt keinen Zweifel daran, daß die Empfindung, die er durch diese Vorstellungsassoziation erwecken wollte, tatsächlich die ist, welche die Ausführung einer Handlung begleitet.¹ Natürlich kann diese metaphysische Entität so wenig frei sein wie MALEBRANCHES Gottheit, wenn sie auch aus dem Willen abgeleitet ist. Undurchdringlichkeit sowohl als die das Atom umgebende Kraft erscheinen uns als konstant. Sie könnten allerdings zur Not gemäß einer bestimmten Regel in der Zeit variieren — das hieße ein Gesetz annehmen, für das es keinen Grund geben kann —, aber unmöglich könnten sie sich völlig frei verändern, ohne die Grundlagen der Wissenschaft zu erschüttern.

Die vier von uns anerkannten Begriffe, die sich auf die vier verschiedenen Arten beziehen, wie das Verhältnis zwischen Antezedens und Konsequens aufgefaßt werden kann, haben verschiedenen Umfang. Die *Gesetzmäßigkeit* beherrscht alle Vorgänge ohne Ausnahme, sofern sie Gegenstand der Naturwissenschaft sind, und den einzelnen Vorgang in jeder Hinsicht, in der er es ist. Die *wissenschaftliche Kausalität* versuchen wir gleichfalls auf alle Vorgänge anzuwenden, die unter die Wissenschaft fallen, und indem wir die Natur mehr oder weniger vergewaltigen, finden wir immer eine Seite des Vorgangs, auf die sie anwendbar ist; aber wie BOUTROUX an der von uns (S. 297 f.) angeführten Stelle beweist, ist die Anpassung des Vorgangs an die

¹ Vgl. Anhang I, S. 484.

wissenschaftliche Kausalität niemals vollständig, niemals kann das Ganze erhalten bleiben, niemals vollständige Koinzidenz oder Identität zwischen Antezedens und Konsequens stattfinden. Der Mustervorgang, auf den wir alle anderen zurückführen, die Bewegung, ist selbst nur erklärbar, wenn wir sie mit der Ruhe gleichsetzen. Sobald wir sie als Veränderung auffassen, treten Schwierigkeiten auf, die wir nur durch Kunstgriffe, wie den der Infinitesimalrechnung, überwinden können. Das Gebiet dieses Begriffes ist also enger als das des vorhergehenden. Die *theologische Kausalität* beherrscht die Erscheinungen, insofern wir sie als der Wissenschaft und der Voraussicht entzogen ansehen; die *effiziente Kausalität* endlich, die eine Art Mittelding zwischen den beiden anderen bildet, läßt sich mit mehr oder weniger Glück auf den Teil der Erscheinungen anwenden, der zwar der Domäne der Wissenschaft angehört, sich aber der wissenschaftlichen Kausalität entzieht, d. h. auf das, was an ihnen irrational ist. Die theologische Kausalität ist schon ihrem Wesen nach der Wissenschaft völlig fremd; die effiziente Kausalität kommt nur als letzter Ausweg zuweilen vor. Nur die beiden Begriffe der Gesetzmäßigkeit und der wissenschaftlichen Kausalität werden ständig in der Wissenschaft angewandt; diese ist ihr Werk und wird ganz von ihnen beherrscht.

Hier ist noch ein anderer Begriff zu nennen, nämlich derjenige der *Finalität*. In einer noch gar nicht sehr weit zurückliegenden Vergangenheit stand die Finalität in der Wissenschaft in großen Ehren. Ganz abgesehen von dem mehr oder weniger heimlichen Gebrauch, den die eigentlichen physikalischen Wissenschaften von ihr machten (und der, wie wir sehen werden, noch keineswegs völlig aufgehört hat), schien sie allein imstande, für die biologischen Wissenschaften wahrhaft synthetische Gesichtspunkte zu liefern. DESCARTES hatte allerdings behauptet, der Organismus sei nur eine Maschine, und die Materialisten des XVIII. Jahrhunderts hatten in großartiger Weise die Folgerungen aus diesem Satz gezogen. Aber es hatte nicht den Anschein, als könnte diese Ansicht etwas zur Erklärung der Entstehung des Organismus und seiner Teile beitragen. Daß in jedem organischen Wesen die einzelnen Teile an die Lebensweise und die Umgebung in wunderbarer Weise angepaßt sind, lehrte schon eine oberflächliche Beobachtung, und eine genauere Untersuchung brachte neue Beweise dafür bei. Auf dieser Übereinstimmung be-

ruhte der teleologische Gottesbeweis, der bekanntlich viele Jahrhunderte lang eine große Rolle im Denken der Menschheit gespielt hat. Noch kurz vor dem Erscheinen der Arbeiten LAMARCKS hat der Abbé GALLANI in einer sehr zum Materialismus neigenden Umgebung diese Ansicht mit großer Beredsamkeit vertreten.¹ Auch KANT war der Ansicht, daß man bei der Erklärung der Organismen teleologische Betrachtungen nicht entbehren könne: „Es ist nämlich ganz gewiß, daß wir die organisierten Wesen und deren innere Möglichkeit nach bloß mechanischen Prinzipien der Natur nicht einmal zureichend kennenlernen, viel weniger uns erklären können; und zwar so gewiß, daß man dreist sagen kann, es ist für Menschen ungereimt, auch nur einen solchen Anschlag zu fassen oder zu hoffen, daß noch etwa dereinst ein NEWTON aufstehen könnte, der auch nur die Erzeugung eines Grashalms nach Naturgesetzen, die keine Absicht geordnet hat, begreiflich machen werde; sondern man muß diese Einsicht den Menschen schlechterdings absprechen“.²

Seit dem Aufkommen der Entwicklungslehre oder — wenn man will — des Entwicklungsprinzips hat sich die Lage völlig geändert. Diese Frage erfordert jedoch etwas schärfere Formulierungen.

Versucht man nämlich den Inhalt dieses Prinzips genauer festzustellen, so bemerkt man, daß es offenbar nicht von allen gleich aufgefaßt wird. Einige Philosophen z. B. beschuldigen die Biologen, daß sie den Sinn des Prinzips verfälschen; sie erklären, man müsse es, um seinen wahren Sinn zu erfassen, aus seinem „materialistischen Muttergestein“ loslösen.³ Diese Situation muß sehr in Erstaunen setzen, wenn man sich erinnert, daß es biologische Tatsachen und

¹ *Mémoires inédites de l'abbé Morellet etc.*, 2. Aufl., Paris 1822, Bd. I, S. 135 f.

² KANT, *Kritik der Urteilskraft*, II. Teil, § 75. Ausg. von KEHRBACH (Reclam), S. 286. Trotz der Einwände RENOUVIERS (*Esquisse d'une classification etc.*, S. 195) meinen wir, daß HAECREL mit seiner Behauptung (*Natürliche Schöpfungsgeschichte*, Recht hat, daß diese Stelle mit dem in Widerspruch steht, was KANT ein paar Seiten später sagt (a. a. O. § 79). Aber wenn sich auch der logische Widerspruch nicht beseitigen läßt, so kann man zur Not vom psychologischen Standpunkt aus verstehen, wie KANT dazu gekommen ist. In abstracto war KANT offenbar davon überzeugt, daß alles sich „aus mechanischen Ursachen“ erklären lassen müsse, wie LEIBNIZ sagte. Aber für das organisierte Wesen kam ihm die Evidenz der Zweckmäßigkeit im Augenblick, da er die Frage prüfte, so überwältigend vor, daß die Aufgabe einer kausalen Erklärung ihm in diesem Falle als gänzlich unlösbar erschien.

³ E. LE ROY, *La nouvelle philosophie*, Revue de métaphysique, IX, 1901, S. 294.

Theorien waren, auf Grund deren der Begriff der Entwicklung aufgekommen ist und daß er auch heute hauptsächlich in der Biologie angewandt wird. Man vermutet sogleich, daß zwischen den beiden Lagern ein Mißverständnis vorliegen muß. Wir glauben zeigen zu können, daß es sich tatsächlich so verhält, daß das Entwicklungsprinzip ein doppeltes ist, oder — wenn man lieber will — daß es zwei verschiedene Seiten hat. Diese Unbestimmtheit hat ihren Grund darin, daß die biologischen Wissenschaften in ihrer Entwicklung hinter den physikalischen noch sehr weit zurückstehen, so daß die Differenzierung, die sich bei diesen vollzieht, sich bei jenen noch keineswegs als nötig erweist.

Versetzen wir uns einmal zurück in die Zeit des großen Streites zwischen CUVIER und GEOFFROY SAINT-HILAIRE! Was behauptete die damals herrschende Theorie? Sie betrachtete die Arten als feststehend und unveränderlich; eine jede sollte mit ganz bestimmten Merkmalen entstanden sein und diese entweder, wenn sie noch besteht, bis auf den heutigen Tag oder, wenn sie untergegangen ist, bis zu diesem ihrem Untergang bewahrt haben. Die Neuerer behaupteten im Gegensatz hierzu, daß die Art schon durch die bloße Tatsache ihres Lebens sich verändere. Über den Sinn, in dem diese Veränderung der Art, ihre *Entwicklung*, wie man später sagte, sich vollzieht, war man sich auf allen Seiten ungefähr einig und ist es anscheinend auch heute noch: die Art paßt sich ihrer Umwelt immer besser an; sie entwickelt sich so, daß sie die ihr drohenden Gefahren entweder vermeidet oder sie besiegt, und daß sie in der Welt soviel Raum wie möglich einnimmt.

Bleibt man bei dieser Ansicht stehen, so verlangt der Entwicklungsgedanke offenbar ein Werden, die Veränderung des gegenwärtigen Zustandes im Hinblick auf einen zukünftigen. Diese Auffassung steht also in einer gewissen Analogie zum Carnotschen Prinzip: ebenso wie ein Körper, der wärmer ist als die ihn umgebenden Körper, sich mit diesen ins Gleichgewicht zu setzen sucht, so sucht auch eine Tierart, wenn man sie in eine ihr nicht zusagende Umgebung bringt, sich derart zu wandeln, daß dadurch ein Zustand herbeigeführt wird, den man gleichfalls als Gleichgewicht bezeichnen kann. Nunmehr wird man verstehen, wie JEAN PERRIN in dem Bestreben, das Carnotsche Prinzip durch einen allgemeinen Ausdruck zu bezeichnen, auf die Bezeichnung „Prinzip der Ent-

wicklung“ gekommen ist, der ja dem oben erwähnten Ausdruck „Prinzip des Geschehens“ verwandt ist.¹

In dieser Weise haben die Philosophen, von denen wir oben sprachen, das Prinzip aufgefaßt.

Wir haben aber gesehen, daß das Carnotsche Prinzip an sich nicht rational ist.² Rational ist es, daß die Dinge beharren, nicht, daß sie sich verändern. Das biologische Entwicklungsprinzip wird also, so verstanden, ebenfalls nicht rational sein. Warum sucht die Tierart sich anzupassen, welche geheimnisvolle Kraft treibt sie dazu? Das sind Fragen, die unsere Vernunft immer wieder stellt und auf die die erklärende Wissenschaft antworten muß; daher müssen alle Versuche der Philosophen scheitern, die Naturwissenschaft in ihrem Fortschritt aufzuhalten und dem Entwicklungsprinzip seinen Charakter als Prinzip der Veränderung zu erhalten. Genau wie beim Carnotschen Prinzip beruhigt sich auch in diesem Falle unsere Vernunft nicht eher, als bis sie das Prinzip dem Mechanismus anpassen kann. Diese Forderung ist sogar in der Biologie sehr viel dringender als in der Physik. Das Carnotsche Prinzip ist nämlich ein direkt beobachtbares empirisches Gesetz, es drückt eine ganz allgemeine und alltägliche Tatsache aus, welche die Gesamtheit der Naturvorgänge beherrscht. Ganz anders verhält es sich mit der Veränderlichkeit der Tier- und Pflanzenarten; selbst wenn man zugibt, daß sie eine völlig bewiesene Tatsache darstellt, so drängt sie sich unserer Aufmerksamkeit doch nicht im entferntesten so auf, wie der Ausgleich der Temperaturen. Aus diesem Grunde konnte sie sich einen Platz in der Wissenschaft erst erobern, nachdem man eine Erklärung dafür gefunden oder wenigstens einen Weg angegeben hatte, auf dem es möglich scheint, eine solche zu finden. Das haben diejenigen Denker getan oder wenigstens zu tun versucht, die den Entwicklungsgedanken in die Biologie eingeführt haben: LAMARCK, DARWIN und WALLACE. Ist es ihnen gelungen? Darüber gehen die Ansichten unter den Biologen selbst auseinander.

Indessen scheint man doch über gewisse Punkte bereits einig zu sein. Jedenfalls sind die Biologen, soweit sie überhaupt an die

¹ J. PERRIN, *Traité de chimie physique*, Paris 1903, S. 141. — Vgl. oben Kap. VIII, S. 275.

² Vgl. hierzu auch weiter unten S. 334.

Entwicklung glauben, offenbar davon überzeugt, daß das, was uns als Streben nach einem künftigen Zustand erscheint, sich kausal erklären lassen muß, sei es, daß dazu eine der bis heute vorgeschlagenen Ursachen wie die Vererbung erworbener Eigenschaften, die geschlechtliche Zuchtwahl, der Kampf ums Dasein usw. ausreichen, sei es, daß man die Gesamtheit dieser Faktoren heranziehen muß, sei es endlich, daß noch ganz neue Ursachen hinzukommen, an die man bisher überhaupt nicht gedacht hat. Wird das Entwicklungsprinzip auf diese Weise *erklärt*, so erhält es eine Ähnlichkeit mit dem nach der Boltzmannschen Theorie gedeuteten Carnotschen Prinzip. Es wird zu einer kausalen Vorstellung zu einem *Erhaltungsprinzip*; es bekommt nämlich dann die Tendenz, zu beweisen, daß alle uns bekannten organischen Formen sich durch vielfache und allmähliche Umwandlungen unter der Wirkung erklärbarer, d. h. mechanischer Ursachen aus einer einzigen einfachen Form entwickelt haben. Es ist eine ganz ähnliche Entwicklung wie die des Planetensystems, von dem angenommen wird, daß es sich aus einem Urnebel durch Kräfte entwickelt hat, die diesem von Ewigkeit her innewohnten.

Die Entwicklung wird also, wie WILBOIS bemerkt hat, ein bloßer Schein, hinter dem sich in Wirklichkeit eine Konstanz verbirgt,¹ d. h. man ersetzt die Genese durch die Epigenese.

Betrachtet man das Prinzip unter diesem Gesichtspunkt, und das tun im allgemeinen die Biologen, wie man sich leicht überzeugen kann,² so erscheinen die Schlußfolgerungen GALIANIS und KANTS nicht mehr als gültig, und man sieht keine Notwendigkeit mehr, zur Erklärung der organischen Welt auf die Finalität zurückzugreifen. Anscheinend ist die Kausalität imstande, diese Aufgabe zu erfüllen. Das kommt, wie wir gesehen haben, darauf hinaus, daß man hofft, den Organismus auf einen reinen Mechanismus zurückzuführen. Wir haben früher hervorgehoben (S. 53), wie ungeheuer weit wir heute noch von diesem Ergebnis entfernt sind; aber wir haben doch nicht das Bewußtsein, durch eine unüber-

¹ WILBOIS, *L'esprit positif*, Revue de métaphysique, X, 1902, S. 335.

² Vgl. z. B. JACQUES LOEB, *Zur neueren Entwicklung der Biologie*, Annalen der Naturphilosophie, Bd. IV, Heft 2. Diese Auffassung wird übrigens auch von einer Anzahl von Philosophen vertreten. Vgl. RENE BERTHELOT, Bulletin de la Société française de philosophie, 5. Jahrgang, 1905, S. 250 f. und HERMANN COHEN, *Logik der reinen Erkenntnis*, Berlin 1902, S. 247.

steigbare Mauer von ihm getrennt zu sein, wir sehen da nichts Unerkennbares oder Transzendentes,¹ mit Ausnahme natürlich der Empfindung und des Willens; die sind irrational und werden es immer bleiben genau wie die transitive Wirkung in der anorganischen Natur; angenommen, wir könnten ein organisches Wesen völlig erklären, so würden Empfindung und Wille doch Epiphänomene bleiben, weil sie sozusagen die Innenansicht eines Vorganges darstellen, von dem der rationalen Naturwissenschaft nur die äußere Ansicht zugänglich ist.

Setzt man übrigens voraus, daß diese Zurückführung auf den Mechanismus bis aufs Letzte durchgeführt wäre, so müßte offenbar das Urwesen, aus dem alle anderen entstanden sind, seinerseits als aus anorganischer Materie hervorgegangen betrachtet werden. Vom experimentellen Standpunkt betrachtet, mag dieser Schluß gewagt erscheinen; denn die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen führen eher zur Verwerfung der Hypothese der Urzeugung; nichtsdestoweniger bildet diese die notwendige Krönung des Gebäudes, wie das übrigens auch von hervorragenden Entwicklungstheoretikern ausgesprochen worden ist.

Überblickt man den Gang der Wissenschaft, so läßt sich nicht verkennen, daß die Finalität vor der Kausalität in ständigem Zurückweichen begriffen ist; das hatte schon LAPLACE behauptet² und SULLY-PRUDHOMME hat es ganz klar gemacht.³ Das kommt daher, daß unser Geist niemals schwankt, wenn er die Wahl zwischen den beiden Erklärungsarten hat: sobald sich uns die Möglichkeit einer kausalen Erklärung darbietet, sei sie auch noch so entfernt und verworren, räumt ihr die finale Erklärung sofort das Feld. Daß die Zukunft durch die Gegenwart bestimmt sei, das kommt unserem Verstande schon rätselhaft vor, wenn wir das auch fordern müssen um leben und handeln zu können. Aber daß die Gegenwart durch die Zukunft bestimmt sein soll, die noch gar nicht existiert und die, wenn ich an meine eigene Willensfreiheit glaube und den Lauf der Welt nicht als absolut determiniert auffasse, möglicher-

¹ Wir haben in letzter Zeit unsere Ansicht in diesem Punkte etwas geändert. Vgl. *De l'explication dans les sciences*, 7. Kap.

² LAPLACE, *Théorie analytique des probabilités*, Oeuvres, Paris 1886, Bd. VII, S. VI.

³ SULLY-PRUDHOMME und RICHET, *Le problème des causes finales*, Paris 1903, S. 90.

weise gar nicht existieren wird, das widerstreitet unbedingt der Vernunft. Das einzige Mittel, diese Abneigung der Vernunft zu verringern, besteht in der Aufhebung des Unterschiedes zwischen Ursache und Zweck, indem man das ganze Weltgeschehen als absolut determiniert ansieht. Dann nämlich stellt sich uns die Welt als ein Ganzes dar, das in allen seinen Einzelheiten durch jede Einzelheit streng determiniert ist. Diese Ansicht haben die Enzyklopädisten mit Vorliebe entwickelt. „Für den, der das Weltall mit einem Blick umfassen könnte, wäre es, wenn man so sagen darf, nur eine einzige Tatsache, nur *eine* große Wahrheit“, schrieb D'ALEMBERT, und DIDEROT hat gesagt: „Die absolute Unabhängigkeit einer einzigen Tatsache wäre mit der Idee des Ganzen unvereinbar“.¹ Faßt man die Welt so auf, so wird es gleichgültig, ob man die Zukunft durch die Gegenwart oder umgekehrt die Gegenwart durch die Zukunft als bestimmt ansieht. Aber wir wissen gar nichts darüber, ob die Welt in Wirklichkeit ein solches zusammenhängendes Ganze bildet oder nicht. Wäre das der Fall, so würde unser Verstand das nicht zu erkennen vermögen; um wahrnehmen zu können, müssen wir die Welt in einzelne Erscheinungen auflösen, und um zu handeln, dürfen wir auch nicht an die allgemeine Determination glauben, sondern müssen annehmen, daß wir frei sind, die Erscheinungen zu beeinflussen.

Außerdem leuchtet ein, daß die Finalität ein Vorauswissen und dieses wiederum ein Bewußtsein voraussetzt. Wenn ich etwas tue, um ein gewisses Ziel zu erreichen, so muß ich dazu voraussehen, daß meine Handlung die gewünschte Folge herbeiführen wird. Freilich, wenn ich meinen Hunger oder Durst stille oder wenn ich einen Geschlechtsakt vollziehe, bin ich mir nur bewußt, einem unmittelbaren Bedürfnis, einem dunklen Instinkt zu folgen; denke ich jedoch darüber nach, so erkenne ich, daß hier zweckmäßige Handlungen vorliegen, die auf die Erhaltung des Individuums oder der Art gerichtet sind. Dabei setze ich aber voraus, daß ein höheres Bewußtsein, die Natur oder Gott diese Ziele kennt; wie anders könnte es sie sonst wollen? Anderenfalls müßte ich, wie die Ent-

¹ DIDEROT, *Pensées sur l'interprétation de la Nature, Oeuvres*, Paris 1875, Bd. II, § 2. Schon LEIBNIZ hat gesagt: „Denn man muß wissen, daß in jeder der möglichen Welten alles miteinander zusammenhängt. Das Weltall, wie es auch sonst beschaffen sein möge, ist aus einem Stück wie ein Ozean“ (Ausg. ERDMANN, S. 506).

wicklungstheorie es tut, zur Kausalität zurückkehren, indem ich mir etwa vorstelle, daß nur diejenigen Arten sich hätten erhalten können, bei denen diese Bedürfnisse und Instinkte sich herausgebildet und vervollkommen hatten. In diesem Falle wäre die Finalität nur eine scheinbare und räumte sofort der Kausalität ihren Platz. Aber wenn ich behaupte, daß ein Lichtstrahl von einem Punkte zu einem anderen den kürzesten Weg einschlägt, und darin mehr als eine bloße empirische Regel sehen will, so schreibe ich dem Strahl, wie es scheint, nicht nur die Wahl des einzuschlagenden Weges zu, sondern glaube auch, daß er im voraus weiß, wieviel Zeit er dazu braucht. Das ist sicher eine Ansicht, die, wie H. POINCARÉ sagt, „etwas für den Geist Anstößiges hat“¹ und von der unsere Vorstellung sich stets loszumachen versuchen wird.

LANGE hat erklärt, daß „jede Einmischung von Zweckursachen, welche man ergänzend neben oder über die mit Notwendigkeit, d. h. mit strenger Allgemeinheit der erkannten Regel wirkenden Naturkräfte stellt, überhaupt keine Bedeutung hat als die einer partiellen Negation der Wissenschaft, einer willkürlichen Aussperrung eines noch nicht durchforschten Gebietes“.² Darin liegt eine Verkennung der Möglichkeit, daß die teleologischen Betrachtungen eventuell rein provisorischer Art sein mögen. Uns scheint es im Gegenteil klar, daß sie da von sehr großem Nutzen sein können, wohin die Kausalität noch nicht hat vordringen können. Sicher ist, daß vor dem Auftreten der Entwicklungstheorien allein die teleologische Betrachtungsweise einheitliche Gesichtspunkte in den biologischen Wissenschaften liefern konnte. Noch heute verhält sich der Biologe, auch wenn er sich zur reinsten Entwicklungslehre bekennt, bei der Untersuchung der Funktionen eines Organs meistens so, als wäre nach seiner Ansicht dieses Organ von einem bewußten und voraussehenden Willen dieser seiner Funktion speziell angepaßt worden. Darin liegt durchaus kein Widerspruch; der Forscher hat einfach wie jeder Mensch das Gefühl, daß die kausale Erklärung in weiter Ferne liegt und sehr schwierig ist, und er betrachtet

¹ H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse*, S. 154. Man kann diese Ansicht mit derjenigen vergleichen, die DESCARTES ausgesprochen hat und die wir auf S. 72 f. zitiert haben.]

² F. A. LANGE, *Geschichte des Materialismus*, S. 14.

die teleologische als etwas Vorläufiges und als Vorbereitung der kausalen.¹

Gewisse sehr allgemeine Aussagen der Naturwissenschaft, wie z. B. das Prinzip der kleinsten Wirkung oder dasjenige von Carnot, haben so etwas wie einen Schein von Finalität an sich; aber gerade an dem letzten Prinzip können wir sehen, daß die teleologischen Betrachtungen uns zwar beim Auffinden von allgemeinen Gesichtspunkten über die Natur behilflich sein, unser Erklärungsbedürfnis aber nicht befriedigen können. LALANDE hat nämlich einen bemerkenswerten Versuch gemacht, zu zeigen, daß das Carnotsche Prinzip mit den Gesetzen unserer Vernunft in Einklang steht; dieser Versuch läuft aber, wie uns scheint, auf teleologische Betrachtungen hinaus. Der genannte Denker sieht nämlich die auf Grund des Prinzips vor sich gehenden Umwandlungen deswegen als vernunftgemäß an, weil sie unter dem Gesetz des Fortschritts im Sinne der Gleichheit stehen und eben dadurch das menschliche Denken befriedigen.² Der Endzustand, dem das Weltall auf Grund des Prinzips zustrebt, ist in der Tat ein Zustand vollkommenen und unendlich stabilen Gleichgewichts. Dieser Zustand ist nicht nur ein solcher der unbedingten Ruhe, sondern auch der absoluten Undifferenziertheit, und es leuchtet ja ein, daß dieser Zustand der völligen Leere auch vollkommen rational wäre; denn wir sind damit wiederum bei der Sphäre des PARMENIDES angelangt. — Wir wollen zunächst einmal feststellen, daß das Ergebnis dieser Deduktion für uns auf Grund der von uns befolgten Methode gänzlich unannehmbar ist; es genügt, wie uns scheint, die wirkliche Naturwissenschaft der Vergangenheit und Gegenwart zu betrachten, um sich zu überzeugen, daß das Carnotsche Prinzip irrational ist, d. h. daß unser Verstand es nur widerwillig annimmt als etwas, das sich ihm von außen aufdrängt und sich ihm nicht als eine Aussage darbietet, die sich durch sich selbst rechtfertigt wie die Erhaltungsprinzipie; deshalb versucht er unablässig, es zu be-

¹ Auf diese Auffassung von dem vorläufigen Charakter der teleologischen Erklärung scheinen uns auch die interessanten Bemerkungen GOBLOTS hinauszulaufen. *Fonction et Finalité*, Revue philosophique, XLVII, 1899. *La Finalité sans intelligence*, Revue de métaphysique, VIII, 1900. *La finalité en biologie*, Revue philosophique, LVIII, 1904.

² A. LALANDE, *La dissolution opposée à l'évolution dans les sciences physiques et morales*, Paris, S. 66, 67, 117.

gründen, indem er es auf Vorstellungen zurückführt, die ihm, dem Verstand, gemäß sind, z. B. indem er es aus mechanischen Theorien ableitet oder auch es mit Hypothesen der ewigen Wiederkehr in Zusammenhang bringt. Die Irrationalität des Prinzips scheint uns also eine Tatsache zu sein. Aber wir meinen, daß man auch die Gründe dieser Tatsache aufweisen kann. Sie beruht nämlich darauf, daß das *eine Sein* der Eleaten für eine Darstellung der ganzen Wirklichkeit gehalten wird, der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. Noch sein verblaßtes Abbild, LAPLACES Urnebel, scheint uns erklärende Kraft zu besitzen, weil es am Anfang aller Zeiten steht und deshalb für eine kausale Weiterentwicklung Gelegenheit bietet. Beim Carnotschen Prinzip hingegen finden wir das unterschiedslose Chaos am Ende aller Dinge, und da kann es nichts mehr erklären. Wohl gehen wir einem Zustand entgegen, in dem keine Veränderung in Zeit und Raum mehr möglich ist; aber damit wir dahin gelangen, muß der gegenwärtige Zustand sich zugunsten jenes zukünftigen zeitlich ändern, und das sehen wir als unzulässig an.

Aber könnten nicht Kausalität und Finalität als Erklärung derselben Vorgänge nebeneinander bestehen? Man hat angenommen, daß es über den durch Kausalität verknüpften Tatsachengruppen ein „leitendes Denken“ geben könne, das diese Gruppen miteinander verknüpft. Betrachten wir z. B. Maurer, die ein Haus bauen! Scheinbar wird ihre Arbeit lediglich durch ihre eigenen Handlungen bestimmt; dennoch führen sie in Wirklichkeit nur den Plan des Architekten aus. Wir wollen zuerst die Grenzen der Anwendbarkeit dieser Hypothese abstecken: auf das Innere von Tatsachenreihen, die nach Gesetzen ablaufen, ist sie jedenfalls nicht anwendbar. Die Maurer haben als Menschen ihren freien Willen; sie können ihre Handlungen wählen und folglich, wenn sie selbst kein Ziel vor Augen haben, das zu erreichen suchen, das ihnen von einem anderen gesetzt wird. Handelt es sich dagegen um anorganische Agenzien, deren Wirkungen unabänderlichen Regeln unterworfen sind, so gibt es keine Wahl, weil alles determiniert ist. Hier kann sich also die Finalität nirgends einschleichen. Sie kann den Vorgang nicht der Herrschaft des Gesetzes entziehen, sondern sie kann nur die Erscheinungen direkt beherrschen, die nicht dem Gesetz unterworfen sind, d. h. aber, die außerhalb der Wissenschaft stehen.

Dagegen hindert uns nichts, die Gesetze selbst, soweit sie nicht kausal erklärt sind, als unter Zwecken stehend anzusehen. Jede rein empirische Regel läßt sich, gerade weil sie uns als zufällig erscheint, als Ausfluß eines Willens auffassen, der auf ein bestimmtes Ziel gerichtet ist. Solange ich nicht weiß, warum das Wasser gerade bei $+ 4^{\circ} \text{C}$ seine größte Dichte erreicht, solange mir diese Konstante als etwas Willkürliches erscheint, steht es mir durchaus frei, mir vorzustellen, daß sie dem Entschluß eines freien göttlichen Willens entsprungen sei (z. B. um zu vermeiden, daß im Winter die Flüsse und Teiche bis auf den Grund gefrieren, damit auf diese Weise das Leben der sie bewohnenden Tiere erhalten wird). Gelänge es jedoch eines Tages, jene Konstante aus Überlegungen über die Anordnung der Atome des Wasserstoffs und Sauerstoffs zu erklären, so wäre die obige Annahme an dieser Stelle unzulässig, und wir müßten sie weiter zurückverlegen.

Die äußersten Grenzen dieser Zurückschiebung können schon jetzt angegeben werden; offenbar fallen sie mit denen der möglichen kausalen Erklärung zusammen. Daher kann das Irrationale, die transitive Wirkung, die Empfindung, immer als final betrachtet werden, wie weit auch die Wissenschaft fortschreiten mag, immer wird man das Irrationale auf das Eingreifen der Gottheit zurückführen können, die es zu einem nicht näher zu bestimmenden Zweck eingerichtet haben mag. Vom naturwissenschaftlichen Standpunkt aus wird der Okkasionalismus immer unwiderleglich bleiben.

ZEHNTES KAPITEL

Die nicht-mechanischen Theorien

Bei der Behandlung der Möglichkeiten, Aenderungen des Zustandes eines Körpers aus Ortsveränderungen zu erklären (S. 94 f.), haben wir erkannt, daß uns zwei Wege offen stehen. Wir können entweder annehmen, daß sich die Anordnung oder die Bewegung der Teile des Körpers geändert hat: das ist die mechanische Erklärung; oder wir können behaupten, daß zu der Substanz des Körpers eine andere hinzugekommen sei, die zwar unsichtbar ist, aber schon vorher existiert hat. Wenn wir diese Erklärungsweise auf die Wärmevergänge anwenden, so kommen wir zu der Theorie vom Wärmestoff. Allgemein gesprochen werden wir Theorien bilden, die einer anderen Klasse angehören als die mechanischen Theorien; man kann sie unter dem allgemeinen Ausdruck „qualitative Theorien“ zusammenfassen.

Wir haben soeben, im vorigen Kapitel, gesehen, daß die echte Qualität, das *quid proprium* der Empfindung in der Mechanistik keinen Platz findet. Die Empfindung bleibt dabei unerklärt, wie man sich auch anstellen mag. Kann man nun vielleicht anders vorgehen, als es die Atomtheorien tun? Man müßte offenbar von der Empfindung ausgehen und sie objektivieren. Das tun wir dauernd und instinktiv. Wir haben z. B. die Empfindung rot; aber anstatt sie als etwas zu uns Gehöriges zu behandeln, verlegen wir sie aus uns heraus, verknüpfen sie mit anderen Empfindungen und bilden so das, was wir einen Gegenstand nennen, und sagen von ihm, daß er existiert; auf diese Weise wird das, was ursprünglich unsere Empfindung war, eine *Qualität* des Gegenstandes: der Gegenstand ist rot. Diese Ansicht bezeichnet man als die des „gemeinen Menschenverstandes“ — die Philosophen nennen sie „naiven Realismus“. Sie stellt in der Tat ein metaphysisches „System“ dar, d. h. einen Komplex von Ansichten über die Ursachen unserer Empfindungen, über das „Ding an sich“.

Nun kann man aber leicht feststellen, daß nach der Auffassung des gemeinen Menschenverstandes ein Gegenstand einen Teil seiner Qualitäten ändern und dennoch derselbe bleiben kann. Dieser jetzt ausgewachsene Hund ähnelt z. B. kaum dem, was er vor vier Jahren war, als er eben geboren war; dennoch betrachten wir ihn als *denselben* Hund. Von einem Tisch hat man die rote Farbe abgekratzt und ihn schwarz gestrichen; dennoch tragen wir kein Bedenken zu behaupten, daß es noch derselbe Tisch ist. Im Falle des Hundes sehen wir sehr wohl ein, wie wir zu dieser Überzeugung kommen. Die Menschen — das weiß ich von mir selbst, das fühle ich unmittelbar — behalten ihre Identität trotz sehr tiefgehender Veränderungen. Ich erinnere mich noch ungefähr, wie ich mit zehn Jahren ausgesehen habe, und ich zögere nicht zu erklären, daß *ich* dieser kleine Junge war. Ich könnte eines Tages durch eine Krankheit oder einen Unfall vollkommen entstellt werden; aber ich werde immer ich bleiben. Wer an Märchen glaubt, hält es für möglich, daß er in ein Tier verwandelt wird, ohne dabei das Bewußtsein von der Kontinuität seines Ich zu verlieren. Das beruht darauf, daß wir in dem Tier ein Wesen sehen, bei dem wir Empfindungen und Willensregungen ähnlich den unseren annehmen; es liegt also nahe, ihm ein Individuationsprinzip zuzuschreiben, das von seinem äußeren Aussehen ganz unabhängig ist. M. a. W.: wenn ich glaube, daß der Hund derselbe ist wie vor vier Jahren, so heißt das, daß ich überzeugt bin, er sei ein *Subjekt*, ungefähr wie ich selbst eines bin. Mit dem Tisch verhält es sich nicht ebenso, aber es ist allenfalls möglich, daß eine unbewußte Angleichung dieses Gegenstandes an die beseelten Wesen beim Zustandekommen unseres Glaubens eine gewisse Rolle spielt. Sicher ist, daß auch die Grobheit unserer Sinne dabei mithilft. Bei flüchtigem Hinsehen erscheint uns der Gegenstand tatsächlich als derselbe, als identisch mit dem, was er früher war, und erst wenn wir ihn genauer betrachten, bemerken wir die kleinen Unterschiede, die entstanden sind: der Hund ist dicker geworden, die Politur des Tisches ist nicht mehr so frisch. Auf jeden Fall existiert diese Überzeugung von der substanziellen Identität auch in bezug auf die unbeseelten Gegenstände, diese Überzeugung ist eine Tatsache. Nur ist sie schwankend, denn in diesem Falle haben wir kein sicheres Kennzeichen mehr. Welche Änderungen kann ich zulassen, ohne daß ich aufhören muß zu er-

klären, daß der Tisch derselbe geblieben ist? Ich wäre sehr in Verlegenheit, wenn ich sie angeben sollte; das zeigt sehr hübsch der klassische Witz von Hansens Messer. Aber mehr oder weniger unbewußt teile ich die Qualitäten des Tisches in wesentlichere, z. B. der Stoff, aus dem er gemacht ist, oder seine Abmessungen, und in weniger wesentliche, wie z. B. die Farbe und die Tatsache, daß er auf Rollen läuft. Was mich dabei leitet, ist offenbar die mehr oder weniger große Leichtigkeit, auf eine solche Qualität einzuwirken; es gibt Eigenschaften, von denen ich weiß, daß es so gut wie unmöglich ist, sie zu verändern. Wenn ich bei der Untersuchung des Tisches finde, daß ein Kratzer, den ich früher auf der Platte bemerkt habe, nicht mehr vorhanden ist, so werden mir Zweifel über die Identität des Tisches kommen.

Wendet man diese Begriffe auf die zeitliche Veränderung der Dinge an, so kann man sich vorstellen, daß es in ihnen eine unwandelbare *Substanz* und veränderliche *Akzidenzen* gibt.

Auf den ersten Blick scheint es, als seien wir so zu den Grundlagen der peripatetischen Philosophie gelangt. Aber wir müssen uns in acht nehmen: die echte Lehre des ARISTOTELES ist, wie MALEBRANCHE gesagt hat, keine Physik, sondern eine Logik. Als solche können wir sie hier nicht fassen. Aber wenn es sich um physikalische Erscheinungen handelt, kann man wohl behaupten, daß die aristotelische Philosophie, besonders im Mittelalter, die Tendenz hatte, diesen rein logischen Rahmen zu verlassen, und daß sie dann in der Tat Theorien hervorbrachte, die den eben erwähnten ähnlich waren.

Wie wir gesehen haben, streicht der Atomist durch eine Gedankenoperation, die aller theoretischen Untersuchung vorangeht, einen sehr großen Teil der Empfindung aus der Wirklichkeit fort, indem er von vornherein erklärt, daß es außer Materie und Bewegung nichts gebe. So braucht der Peripatetiker — wir wollen diese Bezeichnung unter den oben angegebenen Vorbehalten benutzen — nicht zu verfahren. Unbestreitbar steht er in dieser Hinsicht dem gemeinen Menschenverstand näher. Man kann die charakteristischen Züge dieser Methode nicht besser beschreiben, als PAUL TANNERY das mit den folgenden Sätzen getan hat: „Auf der einen Seite ein Bestreben sich an die Erscheinungen zu halten, wie sie sich einer oberflächlichen und rohen Beobachtung darbieten, ja, man kann sagen, eine ausgesprochene Achtung vor Alltagsüberzeugungen, soweit sie nicht an

offenkundigen Irrtümern leiden; auf der anderen Seite das Bestreben, in der Reihe der Ursachen soweit und so bald wie möglich aufzusteigen, aber nur durch einfache Begriffsanalyse und ohne noch einmal auf die Erfahrung zurückzugreifen“.¹ Man braucht an diesem Bilde, das die charakteristischen Züge der Philosophie des Stagiriten wiedergeben soll, nur sehr wenig zu ändern, und es entspricht genau den Bestrebungen der hier von uns behandelten Denker. Der Hauptunterschied besteht darin, daß die Zahl der bekannten Tatsachen zugenommen hat und infolgedessen jetzt mehr von Versuchen die Rede ist und etwas weniger von Tatsachen, die der Alltagserfahrung im eigentlichen Sinne angehören. Aber wenn man versucht, die Substanz vom Akzidens, das Beharrende vom Wechselnden zu scheiden, so bedient man sich dazu noch immer vorzugsweise eines logischen Verfahrens und folgt so genau wie möglich den Spuren des ARISTOTELES selbst. Es leuchtet infolgedessen ein, daß, wenn man von der Vorstellung des Gegenstandes ausgeht, wie die Alltagserfahrung sie uns darbietet, nicht der geringste Grund vorliegt, der Substanz rein mechanische Eigenschaften beizulegen; man kann vielmehr unter den Qualitäten der Körper diejenigen frei auswählen, die man als „substanzielle“ ansehen will. Nicht alle Qualitäten der Gegenstände können nämlich beharren, einige sind rein akzidentell; hört beispielsweise ein Körper auf rund zu sein, so fragt, wie CONDILLAC treffend bemerkt, niemand, wo seine Rundheit geblieben sei.² Hört dagegen ein Körper auf warm zu sein, oder wird er feucht, so hat es einen guten Sinn, zu untersuchen, wo seine Wärme geblieben ist oder wo die Feuchtigkeit herkommt. In der Tat betrachtete ARISTOTELES diese beiden Qualitäten, das Warme und das Feuchte, als die wesentlichsten Eigenschaften eines Körpers, indem er bekanntlich das Kalte und das Trockene, die ja nur die Gegensätze von jenen sind, noch hinzunahm. Diese vier Qualitäten kennzeichnen, paarweise verbunden, die vier Elemente, nämlich das Warm-Trockene (das Feuer), das Warm-Feuchte (die Luft), das Kalt-Feuchte (das Wasser) und das Kalt-Trockene (die Erde).

Sieht man wiederum von der logischen und metaphysischen Bedeutung der Lehre ab und hält man sich lediglich an ihren physi-

¹ P. TANNERY, *Les principes de la science de la nature chez Aristote*, Congrès de philosophie de 1900, Bd. IV, S. 214.

² CONDILLAC, *Logique, Oeuvres*, Paris, an IV, Bd. XXI, S. 83.

kalischen Aspekt, so erscheinen offenbar diese vier Qualitäten als echte Substanzen, d. h. gewissermaßen als die Elemente der Elemente. ARISTOTELES selbst hat sich gelegentlich entsprechend ausgedrückt. So will er z. B. im zweiten Buche von *De generatione et corruptione* den Grundbegriff seiner vier Elemente ableiten und untersucht, welches die „Prinzipien der unseren Sinnen wahrnehmbaren Körper“ sein können. In diesem Zusammenhang sagt er: „Daher kann weder die weiße noch die schwarze Farbe, weder die Süßigkeit noch die Bitterkeit, noch sonst einer der Gegensätze der Empfindung ein Element des Körpers sein“ (Kap. II). Nachdem er so die Zahl dieser Prinzipien auf vier eingeschränkt hat, fährt er fort: „Da es vier Elemente gibt, da ferner aus vier Gliedern sechs Kombinationen gebildet werden können, da aber andererseits die Gegensätze nicht miteinander gepaart werden können . . . , so leuchtet es ein, daß nur vier Kombinationen der Elemente übrig bleiben“ (Kap. III). Was ARISTOTELES hier als Elemente behandelt, das sind nicht die Körper, die er an anderen Stellen mit diesem Ausdruck bezeichnet, sondern die Qualitäten selbst.

Desgleichen ist bei HIPPOKRATES¹ der menschliche Körper aus vier Elementen zusammengesetzt, aus dem Trocknen, dem Feuchten, dem Kalten und dem Warmen; diese vier Elemente bilden nämlich die Nahrungsmittel, die ihrerseits sich in Säfte (von denen HIPPOKRATES gleichfalls vier kennt), die wesentlichsten Bestandteile des Körpers, verwandeln.

Während des Mittelalters sehen wir fortdauernd derartige Theorien unter der Decke des Aristotelischen Logizismus hervorsprießen. SAADIA, einer der großen jüdischen Denker, die im Orient zu Anfang des X. Jahrhunderts so bedeutenden Einfluß auf die geistige Entwicklung ihrer Zeit ausgeübt haben, erklärt an einer Stelle, wo er von der Zerstörung der Körper durch das Feuer spricht, daß in diesem Falle die Teile des vernichteten Körpers sich trennen, aber als Elemente unverändert bleiben und einfach an den Ort ihres Ursprungs zurückkehren, „die im Körper schon liegende Wärme zum Feuerelement, seine Feuchtigkeit und Kälte zu ihren Urstoffen“.² Im Abendland

¹ GALENI, *De elementis secundum Hippocratem*, Buch I, *Opera*, herausgeg. v. KÜHN, Bd. I, S. 457, 477, 479, 480, 487. — Vgl. LASSWITZ, *Geschichte*, Bd. I, S. 229.

² Vgl. LASSWITZ, a. a. O. S. 156.

lehrt SCOTUS ERIGENA im IX. Jahrhundert, daß die Körper nicht durch die Vereinigung der substanziellen Elemente selbst, sondern durch die ihrer qualitativen Akzidenzien entstehen; immerhin sind diese Akzidenzien gewissermaßen selbst Substanzen, denn sie sind unzerstörbar und können sich nur trennen, um sich zu neuen Kombinationen wieder zu vereinigen und so neue Körper zu bilden.¹ Im XII. Jahrhundert lehrt WILHELM VON CONCHES, daß die vier Elemente bei Anbeginn der Welt erschaffen worden seien und danach zur Erschaffung der Körper gedient hätten. In diesen finden sich die materiellen Teilchen der Elemente einfach nebeneinander. Diese Teilchen seien eigentlich die wahren Elemente. „Alle Körper sind aus Elementen zusammengesetzt. Ein Element, wie die Philosophen es definieren, ist ein einfaches und sehr kleines Teilchen eines Körpers, einfach hinsichtlich der Qualität, sehr klein hinsichtlich der Quantität“.² Die Körper, die wir Erde, Wasser, Luft und Feuer nennen, sind nicht die Elemente selbst: die Erde, die wir kennen, ist ein Körper, worin die trockenen und kalten Teilchen überwiegen. Aber die Erde ist porös und ist von Wasser, Luft und Feuer umgeben; es ist also nur natürlich, daß das, was wir mit dem Namen Erde bezeichnen, auch noch Teilchen der drei anderen Elemente enthält; diejenigen des Elements Erde überwiegen nur, sie allein sind „von Natur“ vorhanden, die anderen nur „zufälligerweise“.

Der kennzeichnende Zug dieser Lehren besteht in der Art, wie die Mischung der Elemente aufgefaßt wird; aus dem schönen Buch von LASSWITZ kann man entnehmen, wie stark diese Frage die mittelalterlichen Philosophen beschäftigt hat.³ Die Scholastiker haben versucht, das, was ARISTOTELES etwas im unklaren gelassen hatte, schärfer zu fassen. In diesem Sinne haben unter den arabischen Philosophen AVICENNA und AVERROES, im Abendlande ALBERTUS MAGNUS und THOMAS VON AQUINO entgegengesetzte Theorien aufgestellt. Das kommt daher, daß bei den einen die rein logische Seite der Aristotelischen Philosophie im Vordergrund steht, während die anderen sie mehr als eigentliche naturwissenschaftliche Theorie behandeln. Diejenigen, die sich mit praktischer Naturforschung be-

¹ SCOTUS ERIGENA, *De divisione naturae*, Oxford 1681, I, Kap. XXXI, XXXII. — Vgl. LASSWITZ, a. a. O. Bd. I, S. 39.

² *Elementa philosophiae*, in BEDA. *Opera*. Köln 1688, Bd. II, S. 209. — Vgl. LASSWITZ, a. a. O. Bd. I, S. 74.

³ LASSWITZ, a. a. O. Bd. I, S. 235 ff.

schäftigen, die beobachten und experimentieren, neigen naturgemäß mehr zu der zweiten Lehre. Zu ihnen gehören auch die Alchemisten, für welche die Theorie von der Verbindung und Trennung der Stoffe eine ganz besondere Bedeutung hatte. Für einen mittelalterlichen Alchemisten ist ein Element ein Stoff, der gewisse Qualitäten besitzt, die er bei der Verbindung mit anderen Stoffen behält und auf die Verbindung überträgt. Allerdings konnten die vier Hauptqualitäten des ARISTOTELES den Alchemisten bei der Natur der Erscheinungen, mit denen sie sich beschäftigten, nur von mäßigem Nutzen sein. Sie interessierte es nicht, zu wissen, ob ein Stoff als trocken oder feucht, als warm oder kalt anzusehen ist, sondern vielmehr, ob er brennbar oder flüchtig ist oder ob er im Gegenteil feuerbeständig, ob er von metallischer Natur ist usw. Daher die Annahme von Elementen, die von denen des ARISTOTELES verschieden waren. In welcher Beziehung diese neuen Grundstoffe (man nahm deren im allgemeinen drei an: Salz, Schwefel, Quecksilber) zu den alten Aristotelischen Elementen standen, deren Existenz ja von den Alchemisten nicht geleugnet wurde, das wurde niemals genau erklärt,¹ aber daß auch jene neuen Stoffe Träger von Qualitäten sein sollten, ist völlig klar. PARACELSUS, der von diesen Theorien ganz durchdrungen ist,² setzt auseinander, daß man bei der Analyse immer wieder dieselben drei Elemente findet. Was brennt, ist der Schwefel, was raucht und sich verflüchtigt, ist Quecksilber, und was bei der Verbrennung als Rückstand bleibt, ist das Salz. Nichts anderes brennt als nur Schwefel,³ und aus der Brennbarkeit eines Stoffes kann man umgekehrt darauf schließen, daß er Schwefel enthält.

Man braucht übrigens kaum zu betonen, wie eng sich diese Ansicht an die Grundlage der damals herrschenden Philosophie an-

¹ Für PARACELSUS, wie für die Mehrzahl der Alchemisten, befinden sich die Aristotelischen Elemente sozusagen unterhalb der chemischen; es gibt da gewissermaßen zwei Grade der Einfachheit (KOPP, *Die Alchemie*, Bd. I, S. 35). Etwas später dagegen identifiziert NIKOLAUS LE FÈVRE die Aristotelischen Elemente mit den chemischen: das Phlegma ist das Wasser, das *principium spirituosum* oder *mercuriale* die Luft, das *principium sulphuricum* oder *oleum* das Feuer, das *principium salinum* endlich die Erde.

² PARACELSUS ist der Begründer der Iatrochemie. Wir haben aber gesehen (S. 241 ff.), daß die Theorien über die Elemente ungefähr dieselben bleiben. Nur das praktische Ziel der Chemie wird ein anderes.

³ PARACELSUS, *Opera*, herausg. v. HUSER, Basel 1589, *Paramirum*, I. Buch, S. 74.

schließt. Daraus, daß die brennbaren Stoffe eine Klasse oder Gattung bilden, wird geschlossen, daß sie einen gemeinsamen Bestandteil enthalten müssen, und dieses gemeinsame Element, die gemeinsame Eigenschaft, welche die verschiedenen Arten der Gattung miteinander verbindet, d. h. die hypostasierte Brennbarkeit, wird eben dadurch gleichzeitig zur Hypostase der „Idee“ der Gattung „Brennbares“. Diese Gattung ist eine Unterklasse einer übergeordneten Klasse, wie schon aus dem Ausdruck „brennbare Materie“ hervorgeht; dieser besondere Begriff entsteht also aus dem allgemeineren *Materie* dadurch, daß zu diesem noch eine Bestimmung hinzutritt. Ist diese letztere nun nicht etwas, das entstehen und verschwinden kann, ohne daß man einen Grund dafür anzugeben braucht, sondern vielmehr, wie bei SCOTTUS ERIGENA, etwas Beständiges, das nur seinen Ort verändert, so wird es selbst zu einer Art Substanz.

Denkt man diese Lehre folgerichtig zu Ende, so gelangt man dazu, sich die materielle Welt folgendermaßen zusammengesetzt vorzustellen: außer einer Grundsubstanz, die den allgemeinsten Begriff der *Materie* darstellt, gibt es eine ganze Reihe von Substanzen zweiter Ordnung, in denen die Qualitäten hypostasiert sind. Das vollständigste System, das auf dieser Grundlage errichtet worden ist, stammt von einem Philosophen des XVII. Jahrhunderts, CLAUDE GUILLERMET, Herrn VON BERIGARD. Obgleich aber, wie wir soeben gesehen haben, diese Gedanken über die Substantialisation der Qualitäten sich ganz folgerichtig aus den peripatetischen Ansichten entwickelt haben, ist das System BERIGARDS nicht mehr ein rein peripatetisches. Es ist vielmehr eine Atomistik, aber nach einem Ausdruck von LASSWITZ, der auf diese Theorie aufmerksam gemacht hat und dem wir auch in der Darstellung derselben folgen, eine qualitative Atomistik. BERIGARD nimmt eine unendliche Mannigfaltigkeit von Atomen an, die, obgleich kugelförmige Korpuskeln, jedes eine elementare Qualität darstellen. Er hebt hervor, daß die vier Grundqualitäten des ARISTOTELES nicht genügen, um die Sinnenwelt zu erklären; denn da diese unendlich mannigfaltig ist, setzt sie auch eine unendliche Verschiedenheit der Eigenschaften und folglich auch der Grundstoffe voraus.¹ Die Qualitätsatome

¹ Circulus Pisanus Claudii BERIGARDI Molinensis, *De veteri et peripatetica philosophia*, Udine 1643, Buch IV, Circulus XX, S. 125. Vgl. LASSWITZ, a. a. O. Bd. I, S. 491.

(BERIGARD selbst bezeichnet sie als verkörperte Qualitäten, *qualitates corporatae*) dringen in die Poren (*meatus*) der Materie ein und nötigen ihr so die entsprechenden Qualitäten auf.¹ Jede Veränderung der materiellen Welt besteht in nichts anderem als in der Bewegung dieser Substanzen, die bald zu einem Körper hinzutreten und dadurch seine Art bestimmen, was wir sein Entstehen (*generatio*) nennen, bald sich von ihm trennen, was sein Vergehen bedeutet; eine Veränderung tritt dann ein, wenn die Eigenschaften der Körper durch die Bewegung der Substanzen nicht so stark verändert werden, daß die Spezies eine andere wird.² Es muß indessen bemerkt werden, daß BERIGARD in seinen Deduktionen nicht ganz folgerichtig geblieben ist; er hat der Versuchung zur Atomistik nachgegeben und hat gewisse Qualitäten nicht den elementaren Substanzen, sondern der Art ihrer Anordnung zugeschrieben. So ergibt sich bei ihm die Flüssigkeit aus der Tatsache, daß die „Prinzipien“ des Stoffes nicht fest aneinander haften, weswegen sie beweglich sind; alle elementaren Substanzen *müssen* flüssig sein.³

Abgesehen von diesen Inkonssequenzen liefert uns aber die Lehre BERIGARDS das vollkommenste Beispiel für eine rein qualitative physikalische Hypothese. Sie zeigt uns damit, wohin in einem gewissen Sinne die Theorien der Alchemisten hätten führen müssen. Immerhin bleiben diese, gerade weil sie dem Geist der Peripatetik treuer sind, weit diesseits der Grenze stehen. Im Einklang mit der Aristotelischen Lehre nehmen sie an, daß zwischen dem Substrat des Körpers, der *prima materia*, und dem mit seinen Qualitäten ausgestatteten Körper dieselbe Beziehung bestehe wie zwischen einem Stoff (z. B. Eisen) und einem daraus *geformten* Gegenstand (z. B. einem Schlüssel oder einem Messer). So kann also der Stoff seine *Form* wechseln; manchmal sagen die Alchemisten geradezu: sein Kleid.

Die Alchemisten betrachten nicht alle Qualitäten als substanziell, sondern nur eine ganz kleine Zahl von ihnen, die übrigen erscheinen ihnen als rein akzidentell. Infolgedessen kommt es uns, vom Standpunkt unserer heutigen Wissenschaft aus gesehen, häufig vor, als seien ihre Behauptungen mit einer gewissen Zweideutigkeit behaftet.

¹ Dasselbst, Circulus II, S. 17. — LASSWITZ, S. 490.

² Dasselbst, Circulus II, S. 6. — LASSWITZ, a. a. O.

³ Circulus XVIII, S. 115. — LASSWITZ, S. 496 f.

So sind z. B. Schwefel, Quecksilber und Salz, aus denen die Körper bestehen, nicht etwa Elemente in dem Sinne, den wir heutzutage mit diesem Wort verbinden, denn sie sind nicht immer mit sich selbst identisch. PARACELsus erklärt ausdrücklich, daß die verschiedenen Stoffe ihre besonderen *mercurii*, *sulphura* und *sales* besitzen.¹ Eine weitere Zweideutigkeit ergibt sich daraus, daß man bald zwischen den Elementen und den bekannten Stoffen zu unterscheiden beginnt, die dieselben Namen tragen. Diese Unterscheidung wird um so schärfer, je weiter sich die Wissenschaft entwickelt: nach HOMBERG (XVII. Jahrhundert) besteht der gemeine Schwefel aus einer Erde, einer Säure und elementarem Schwefel, dem Prinzip der Brennbarkeit.²

Außer den wesentlichen Eigenschaften, die ihn wahrhaft kennzeichnen, besitzt also ein Stoff noch gewisse andere, die sich ändern können, ohne daß dadurch das innere Wesen des Stoffes ein anderes würde. Von den Metallen, die sich uns auf den ersten Blick als eine scharf begrenzte Klasse von Stoffen darstellen, die eine große Anzahl gemeinsamer Eigenschaften besitzen, wird angenommen, daß sie dieselbe *materia prima* enthalten; die Eigenschaften, in denen sie sich unterscheiden, können nur von sekundärer Bedeutung sein.³ Man kann also hoffen, ein Metall in ein anderes zu verwandeln, sei es, indem man jenes zuerst auf die *materia prima* zurückführt,⁴ sei es, wie das die Mehrzahl der Alchemisten annimmt, indem man direkt auf seine Eigenschaften einwirkt. Nimmt man z. B. dem Zinn nacheinander sein Knirschen, seine Weichheit, seine Schmelzbarkeit, durch die es sich vom Silber unterscheidet, so wird man es dadurch in dieses letztere Metall ver-

¹ KOPP, *Geschichte*, Bd. I, S. 97.

² Dasselbst, S. 182.

³ LIBAVIUS drückt die allgemeine Überzeugung aus, wenn er von den Metallen sagt: „*distare videntur, non tam substantia, quam accidentium absolute*“ (KOPP, *Alchemie*, Bd. I, S. 46). — Gerade dieser Glaube an die Leichtigkeit der Verwandlung bildete später das ernsteste Hindernis für den Fortschritt der analytischen Chemie, vgl. KOPP, *Geschichte*, Bd. III, S. 56. — Da die Unterschiede zwischen den verschiedenen Metallen als ganz unbedeutend erschienen, glaubte man sie durch eine Art Gärung beseitigen zu können, was dazu führte, daß man dem Stein der Weisen, der als ein Ferment galt, Eigenschaften zuschrieb, die uns heute fabelhaft vorkommen. Ebenso glaubte man, die Metalle könnten sich vermehren; fügte man zu Silber Kupfer hinzu, das man mit Hilfe von Arsen weiß gefärbt hatte, so glaubte man, daß sich die Menge des Silbers dadurch wirklich vermehre (KOPP, *Alchemie*, Bd. I, S. 166), was übrigens der Aristotelischen Theorie der Mischung entsprach.

⁴ Vgl. BERTHELOT, *Les origines de l'Alchimie*, Paris 1886, S. 282.

wandeln,¹ dem man es offenbar wegen der gemeinsamen Farbe eng verwandt wähnt. Will man andere Metalle in Silber oder in Gold verwandeln, so muß man vor allem ihre Farbe ändern. Das ist die *leucosis* bzw. *xanthosis*, je nachdem, ob etwas weiß oder gelb gefärbt werden soll; und jedes chemische Verfahren, das geeignet scheint, die Farbe eines Metalls zu verändern, erhält sofort in den Augen der Forscher eine ganz besondere Wichtigkeit.² Offenbar wegen seiner scheinbar paradoxen Flüssigkeit erscheint das Quecksilber gewissen Alchemisten als ein besonders geeigneter Ausgangspunkt für die Veränderung von Eigenschaften. Man spricht vom „Härten“ dieser Flüssigkeit und gibt zu diesem Zweck eine Menge verschiedener Anweisungen. BOYLE glaubt, daß es sich ohne Zusatz von Metall in einen Stoff verwandeln ließe, der dem Silber ähnlich ist,³ und noch 1778 behauptet MACQUER im *Dictionnaire de chimie*, das Quecksilber ließe sich durch Dämpfe von Phosphor oder siedendem Leinöl „härten“. ⁴ Wenn die Alchemisten ein gewöhnliches Metall in ein edles verwandeln wollen, so sagen sie in ihrer bildhaften Ausdrucksweise, sie „bekleideten es mit dem Königsmantel“. Der Vorgang des Ausfällens von Kupfer durch Eisen aus Kupfervitriol wird als ein unzweifelhafter Fall von Transmutation angesehen⁵: man sagt, das Metall „lege die Rüstung des Mars ab und ziehe das Kleid der Venus an“. Im Laufe des XVII. Jahrhunderts verblaßt allmählich das Ansehen der Peripatetik als philosophischer und naturwissenschaftlicher Lehre. Aber die aus ihr erwachsenen qualitativen Theorien beherrschen noch weiter die Chemie, vielleicht sogar noch unumschränkter, weil sie von dem rein logischen Beiwerk der Aristotelischen Lehre losgelöst sind. Erst um die Mitte des XVIII. Jahrhunderts vollzieht sich dann jene bedeutende Wandlung, von der im siebenten Kapitel die Rede war (S. 243 f.). Gerade die große Zahl der Transmutationsversuche hat den Zusammenbruch dieser Hypothese herbeigeführt. Und nun, da man nach und nach einsehen lernt,

¹ Dasselbst, S. 208.

² Noch im XVIII. Jahrhundert gründete KUNCKEL seinen Glauben an die Möglichkeit der Transmutation auf die Veränderung, die die Farbe des Goldes erfährt, wenn man es mit Salmiak oder mit Borax behandelt (KOPF, *Alchemie*, Bd. I, S. 61 f.).

³ Dasselbst, Bd. I, S. 53, 249.

⁴ Dasselbst, S. 250.

⁵ KOPF (a. a. O. S. 46) ist der Meinung, daß dies das einzige wirksame Rezept einer metallischen Transmutation gewesen sei; die wahre Natur dieser Reaktion wurde zu Beginn des XVII. Jahrhunderts von ANGELO SALA erklärt.

daß die Veränderungen der Farbe, wie etwa die durch das *auri pigmentum* (*Opferment*) erzeugte, nur scheinbare sind, und da man sich von der Wertlosigkeit aller der angeblichen Rezepte überzeugt, kommt man schließlich auf den Gedanken, es könnte da mehrere voneinander wesentlich verschiedene Substanzen geben. Noch betrachtet man nicht die Metalle selbst als Elemente, sondern ihre „Kalke“. Der Umstand, daß diese unter unseren atmosphärischen Verhältnissen sehr oft stabiler sind als die Metalle selbst, hat wahrscheinlich mit dazu beigetragen. Den Hauptgrund aber muß man wohl in dem Bedürfnis suchen, die vielfachen den Metallen gemeinsamen Merkmale einem und demselben Element zuzuschreiben. Dieses hypothetische Element, das man nicht nur in den Metallen, sondern außerdem in allen entzündlichen Stoffen enthalten glaubt, ist das Phlogiston; es hat die Fähigkeiten geerbt, die die früheren Chemiker ihren verschiedenen Elementen zuschrieben. „Sie machen es zum Prinzip der Gerüche, der Farben, der Schmelzbarkeit, der Löslichkeit usw.“,¹ stellt ein Autor aus der Zeit LAVOISIERS (vielleicht dieser selbst) fest, und die von STAHL beobachtete Tatsache, daß die Brennbarkeit von einem Körper auf einen anderen übertragbar ist,² schien diese Auffassung direkt zu bestätigen.

Ebenso glaubte man, daß alle Säuren eine „Primitivsäure“³, alle Salze ein „Fossilsalz“⁴, alle erdigen Kalke eine „einzige erdige Substanz“⁵ enthielten.

Wir haben oben gesehen, wie langsam die Vorstellung des chemischen Elements sich entwickelt hat (oben S. 242 f.). Das Phlogiston scheint zunächst nicht dazu zu passen; mit einer gewissen Verwunderung stellt KOPP fest, daß die Chemiker, obwohl sie fest an seine Existenz glaubten, dennoch anscheinend gar keinen Versuch unternommen haben, es zu isolieren.⁶ Das lag daran, daß im Grunde das Phlogiston ein Erbteil aus früheren Zeiten war, es war

¹ Vgl. BERTHELOT, *La révolution chimique*, Paris 1902, S. 54.

² Vgl. KOPP, *Geschichte*, Bd. III, S. 307. Es war dies der Grundversuch der Phlogistontheorie, der für diese Ansicht dieselbe Bedeutung hatte, die die Oxydation der Metalle im geschlossenen Gefäß später für die Antiphlogistiker gewann.

³ KOPP, *Geschichte*, Bd. III, S. 15. — STAHL behauptet sogar, Schwefelsäure in Salz- und Salpetersäure verwandelt zu haben; vgl. a. a. O. S. 352.

⁴ Dasselbst, Bd. III, S. 75.

⁵ Bd. III, S. 144.

⁶ Dasselbst, Bd. I, S. 150.

kein Element in dem Sinne, in dem wir heute diesen Ausdruck gebrauchen, sondern eine Art Prinzip, ein Träger von Qualitäten, und der Gedanke, es zu isolieren, wäre einem damaligen Chemiker ebenso kühn erschienen, wie etwa SAADIA der Vorschlag erschienen wäre, das *Warme* zu isolieren. — Indem jedoch die Entwicklung, die wir zu schildern versucht haben, weiterging, fing man allmählich an, das Phlogiston als ein Element wie die anderen anzusehen,¹ und seitdem erscheint die Vorstellung, es zu isolieren, weniger paradox; das geht so weit, daß am Ende dieser Epoche das Phlogiston für die Chemiker mit der brennbaren Luft (dem Wasserstoff) verschmilzt.

Wie tief die soeben besprochene Tendenz eingewurzelt war, kann man aus der Geschichte des berühmten *acidum pingue* entnehmen. Daraus, daß Kalk, Soda, Pottasche kaustisch werden können und daß die Kaustizität von einem dieser Stoffe auf den anderen übertragbar ist, hatte der Chemiker MEYER auf die Existenz einer besonderen Säure geschlossen, die der Träger der Kaustizität sein sollte, gerade wie das Phlogiston Träger der Brennbarkeit war, und diese Hypothese wurde von der ganzen wissenschaftlichen Welt mit Begeisterung angenommen.

Nun hatte aber früher BLACK die Ansicht ausgesprochen, die kaustischen Alkalien unterschieden sich von den anderen durch den Verlust eines Stoffes, der „fixen Luft“ (Kohlensäure). BLACK hatte klar bewiesen, daß die Alkalien, wenn sie kaustisch werden, einen erheblichen Teil ihres Gewichts verlieren.² Das hinderte die Mehrzahl der Chemiker nicht, sich zu der Meyerschen Theorie zu bekennen. Selbst LAVOISIER sprach zuerst von MEYER nur in den lobendsten Ausdrücken.³

Es besteht kein Zweifel, daß diese Ideen sehr viel zu der scharfen Gegnerschaft beigetragen haben, der die Theorie LAVOISIERS zuerst begegnete. Das Phlogiston opfern bedeutete eine Ansicht endgültig aufgeben, die zuerst als evident und unbestreitbar erschienen war, die Ansicht nämlich, daß die Ähnlichkeit der Eigenschaften

¹ Daselbst, S. 151, 152, 222. Vgl. LAVOISIER, *Oeuvres*, Bd. I, S. 154.

² LAVOISIER, *Oeuvres*, Bd. I, S. 468.

³ „Il est peu de livres de chimie moderne qui annoncent plus de génie que celui de M. Meyer“ (a. a. O. S. 482). — Später hat LAVOISIER im Gegenteil das Verdienst BLACKS gefeiert (*Essai sur le Phlogistique* von KIRWAN, Paris 1788, S. 23).

das Vorhandensein eines gemeinsamen Elementes beweist, das der Träger dieser Eigenschaften ist.

Man ist wirklich erstaunt über die Menge von Tatsachen, die über die Gewichtsvermehrung der oxydierten Stoffe und die Rolle der Luft bei diesem Vorgang vor LAVOISIER bekannt waren,¹ und doch ließen sich diese Tatsachen gar nicht oder nur sehr schlecht aus der Theorie erklären, daß „etwas entweicht“, während andererseits die Erklärung aus dem „Hinzutreten von etwas“ so sehr auf der Hand lag und übrigens schon längst von JEAN REY vorgeschlagen worden war. Daß die Chemiker so hartnäckig an der Phlogistontheorie festhielten, läßt sich nur daraus erklären, daß die Brennbarkeit als auffällige und wohl charakterisierte Eigenschaft ihrer Ansicht nach nicht eines qualitativen materiellen Substrats entbehren konnte. Wenn die Phlogistiker LAVOISIER vorwarfen, er erkläre nicht, wieso gewisse Stoffe brennen und andere nicht,² so enthüllten sie damit die wahre Grundlage ihres Glaubens.

Noch 1788, als der Triumph der neuen Schule bereits ein vollkommener zu sein scheint, fühlt man sehr genau, daß von dieser Seite die letzten Widerstände zu erwarten sind; die Erläuterungen zu KIRWANS *Essai* konzentrieren ihre Verteidigung hauptsächlich auf diesen Punkt, und LAVOISIER selbst übernimmt es, nachdem er der Entdeckung STAHLs das gebührende Lob gezollt hat, an zahlreichen Beispielen auseinander zu setzen, „daß man kein gemeinsames Prinzip in allen diesen Substanzen anzunehmen brauche, dergestalt daß sie alle die Grundlage der brennbaren Luft, d. h. Wasserstoff enthielten“.³ Übrigens hatte sich LAVOISIER wie alle großen Revolutionäre nicht ganz von den alten Ideen freigemacht. Der Name *Oxygenium* (Sauerstoff) zeigt, daß er das neue Element als Träger einer Qualität ansah.⁴ Bekanntlich hat diese Ansicht die falsche Theorie vom „Murium“ zur Folge gehabt, und es hat erheblicher Anstrengungen bedurft, um dieses Gespenst zu bannen.⁵ Ebenso hebt BERTHELOT mit Recht hervor, daß LAVOISIER glaubte, der

¹ Eine Zusammenstellung dieser Tatsachen findet sich bei KOPF, *Geschichte*, Bd. III, S. 119 f.

² KOPF, *Geschichte*, Bd. III, S. 155.

³ *Essai sur le phlogistique*, S. 23.

⁴ LAVOISIER, *Traité élémentaire de chimie, Oeuvres*, Paris 1864, Bd. I, S. 9, 48, 57.

⁵ Daselbst, Bd. I, S. 61; vgl. DAVY, *Works*, London 1839, Bd. V, S. 513.

Sauerstoff färbe das Blut ebenso wie die Metalloxyde, und daß dieser Vergleich ihn zu der Auffassung verleitete, der Sauerstoff sei der Erzeuger der Farbstoffe, wie man das einst vom Phlogiston angenommen hatte.¹

In einem anderen Zweige der Naturwissenschaften haben die qualitativen Theorien sich noch länger erhalten. Zu ihnen muß man nämlich, wie wir gesehen haben, die Fluidum- und die Emissions-hypothesen rechnen. Der „Wärmestoff“, ein halbmaterielles Fluidum, Träger einer Qualität, gehört zur selben Familie wie das Phlogiston, und die Verwandtschaft der Newtonschen Lichtkorpuskeln mit BERIGARDS Qualitätsatomen liegt gleichfalls auf der Hand.

Darf man sich darüber wundern, daß die Naturwissenschaft sich in dieser Hinsicht nur sehr langsam weiterentwickelt hat, daß sie Ansichten, die uns heute völlig unhaltbar erscheinen, nur Schritt für Schritt und sozusagen der Not gehorchend aufgegeben hat, wie das z. B. bei der Phlogistontheorie der Fall war? Nein, denn man braucht nur über die wahre Natur unserer Vorstellungen von der Qualität nachzudenken, um einzusehen, wie sehr diese Lehren den Grundpostulaten unseres Geistes entsprachen.

Wenn wir, sei es auf Grund einer unmittelbaren Wahrnehmung, sei es auf Grund einer Reihe beobachteter Erscheinungen, einem Körper eine gewisse Eigenschaft zuschreiben, wenn wir etwa sagen: dieser Körper ist *rot* oder er ist *brennbar*, und wir sehen eine solche Eigenschaft entstehen und verschwinden, so drängt sich uns sicher, sofern die Eigenschaft uns bedeutend genug erscheint, die Frage auf, woher sie kommt, und was aus ihr geworden ist. Freilich werden wir, wie wir schon oben sagten, diese Frage nicht bei der Rundheit stellen; bei der Wärme dagegen wird man so fragen. Indem wir das aber tun, zeigen wir damit, daß wir geneigt sind, die Wärme als etwas in der Zeit Beständiges aufzufassen, das Veränderungen nur dadurch herbeiführt, daß es seinen Ort wechselt. Das bedeutet aber ein Hypostasieren der Qualität, diese wird dabei als Substanz behandelt, und diese Erklärungsweise wird uns durch unseren Kausaltrieb unwiderstehlich aufgedrängt, sofern wir die Qualität nicht zuvor durch die Vorstellung vom universellen Mechanismus planmäßig aufgehoben haben, wobei diese Vorstellung selbst wieder ein Ausfluß des Kausalprinzips ist.

¹ BERTHELOT, *Lavoisier*, S. 180. — Vgl. LAVOISIER, *Oeuvres*, Bd. II, S. 180.

Übrigens hat die Erklärung durch den Transport einer Qualität etwas Unmittelbares, Vollständiges und Befriedigendes an sich, was den mechanischen Erklärungen nicht in diesem Maße eignet. Man kann sich davon überzeugen, wenn man die Art und Weise, in der die heutige Chemie die Beziehungen zwischen den Eigenschaften der Elemente und denen der Verbindungen behandelt, mit dem Verfahren vergleicht, das die Qualitätstheorien in dieser Hinsicht befolgten.

Im siebenten Kapitel (S. 246 f.) haben wir festgestellt, daß die Untersuchung der Beziehungen zwischen den Eigenschaften der Elemente und denen ihrer Verbindungen die Hauptaufgabe der theoretischen Chemie bildet. Das ist aber nur der Ausdruck für die gesetzliche Seite des Problems. Nun genügt aber in diesem Falle ebenso wie in vielen anderen das Gesetz allein nicht, um unseren Verstand zu befriedigen. Wir wollen nicht nur wissen, *wie* die Dinge sich verändern, sondern auch *warum*. Wenn es sich darum handelt, daß irgendwelche Stoffe eine Bindung eingehen, so trägt man Sorge, zu betonen, daß wir nicht erwarten dürfen, daß sie ihre Eigenschaften bewahren; man macht diese Tatsache sogar zum Kennzeichen der echten chemischen Verbindung, denn man definiert diese als eine Vereinigung von Stoffen, deren Eigenschaften in der Vereinigung verändert sind.¹ Vom rein empirischen Standpunkt aus ist gegen diese Definition nichts einzuwenden: bringe ich das silberglänzende weiche Metall, das ich Natrium nenne, mit dem grünlichen, die Schleimhäute reizenden Gas, das wir Chlor nennen, zusammen, so werde ich daraus schließlich die farblosen Kristalle eines Stoffes entstehen sehen, der mir als Kochsalz wohlbekannt ist. *Wie* aber war das möglich? Woher kommen die Eigenschaften des Kochsalzes und was ist aus denen des Chlors und des Natriums geworden? Lehrt doch die Chemie in aller Strenge, daß diese beiden Elemente im Natriumchlorid zu existieren fortfahren. „Es ist schwierig,“ sagt BERTHELOT, „sich eine Vorstellung davon zu machen, wie diese in ihren Eigenschaften vom Kochsalz so sehr

¹ Es ist unter diesem Gesichtspunkt sehr kennzeichnend, daß in der Iontheorie die Tatsache, daß sich in einer wässrigen Lösung alle physikalischen Eigenschaften der Salze additiv verhalten, als Beweis für vollständige Dissoziation angesehen wird, d. h. dafür, daß überhaupt keine chemische Verbindung vorliegt. Vgl. ARRHENIUS, *La dissociation électrolytique*, Congrès international de physique de 1900, Bd. II, S. 377.

abweichenden Körper dennoch die einzigen wahren Elemente desselben sind. Man könnte sich zu der Annahme verleiten lassen, daß noch ein anderer Bestandteil zur Bildung desselben beitrage, den die Analyse nachzuweisen nicht imstande sei“.¹ BERTHELOT antwortet darauf mit Recht, daß die Chemie über Mittel verfügt, die, rein experimentell betrachtet, ausreichen, um uns über diesen Punkt zu beruhigen und um zu beweisen, daß jene Bestandteile des Kochsalzes wirklich die einzigen sind. Bedarf es noch der besonderen Hervorhebung, daß der Vorgang nach diesem Beweis ebenso unverständlich bleibt wie zuvor? Sofern die Chemie nicht eine rein empirische Wissenschaft ist, sofern es eine „theoretische“ oder „rationale“ Chemie gibt oder wir auch nur die Hoffnung haben sollen, jemals eine solche aufzubauen, wird es offenbar ihre Aufgabe sein, zu erklären, daß, wie HUXLEY es ausdrückt, die Eigenschaften der Materie sich aus denen der sie zusammensetzenden Elemente ergeben.²

Es ist sehr interessant, daß COMTE derselben Ansicht war. „Die Chemie“, sagt er gelegentlich der Definition dieser Wissenschaft, „hat die Aufgabe, wenn die Eigenschaften aller einfachen Stoffe gegeben sind, diejenigen der Verbindungen zu finden, die sie eingehen können“.³ Damit ist offenbar gesagt, daß diese sich aus jenen müssen ableiten lassen. Man könnte allerdings diesen Ausspruch zweideutig finden. Wie wir wissen, ließ COMTE in der Wissenschaft nur empirische Regeln zu; sollte er also nicht vielleicht angenommen haben, daß die Deduktion sich mit Hilfe derartiger Regeln vollziehen müsse? Vergleichen wir jedoch die folgende Stelle! „Alle fundamentalen Daten der Chemie müssen sich letzten Endes auf die Kenntnis der wesentlichen Eigenschaften der einfachen Stoffe allein zurückführen lassen“.⁴ Hier ist kein Zweifel mehr möglich, denn hier wird jede empirische Regel ausgeschlossen. Offenbar dachte COMTE bei diesen Aussprüchen nicht mehr an seine Definition der Wissenschaft, sondern gab dem instinktiven Erklärungsbedürfnis nach.

Freilich ist die theoretische Chemie in dieser Richtung noch nicht sehr weit gekommen. Wir kennen erst eine kleine Zahl von Eigen-

¹ M. BERTHELOT, *Die chemische Synthese*, Leipzig 1877, S. 7 f.

² HUXLEY, *Lay Sermons*, London 1887, S. 118.

³ A. COMTE, *Cours*, Bd. III, S. 18.

⁴ Daselbst, S. 15.

schaften der Verbindungen, bei denen nach einem Ausdruck VAN'T HOFFS „der Zusammenhang mit der chemischen Formel so sicher festgestellt ist, daß sie sich aus dieser Formel als notwendige Folge der angenommenen atomistischen und molekularen Vorstellungen ableiten ließen“.¹ Man braucht aber bloß irgendein Lehrbuch der physikalischen Chemie, etwa die schönen Bücher von VAN'T HOFF oder OSTWALD, ja sogar ein beliebiges Lehrbuch der Chemie aufzuschlagen, um sich davon zu überzeugen, daß die Bemühungen dieser Wissenschaft tatsächlich in dieser Richtung gehen. Man erstrebt tatsächlich, *alle* Eigenschaften mit der chemischen Formel zu verknüpfen, indem man von den Grundeigenschaften der Elementaratome ausgeht und speziell vom Atomgewicht, d. h. man will sie entweder aus der Anzahl und der Natur der vereinigten Atome oder aus der Art ihrer Anordnung ableiten. Die Beziehungen erster Ordnung, d. h. diejenigen, die sich aus den Molekulargewichten allein ableiten lassen, machen sich mit großer Schärfe geltend, wenn die Stoffe sich im gasförmigen Aggregatzustande oder in stark verdünnten Lösungen befinden; die Eigenschaften zweiter Ordnung finden ihren Ausdruck in den sogenannten Konstitutionsformeln. Weil im Ammoniumcyanat und im Harnstoff — um das klassische Beispiel der Wöhlerschen Synthese heranzuziehen — dieselben Atome des Kohlenstoffs, Sauerstoffs und Stickstoffs auf zwei verschiedene Weisen angeordnet sind, haben jene beiden Verbindungen verschiedene Eigenschaften, und weil gewisse Atome oder Gruppen von solchen um ein Kohlenstoffatom herum in unsymmetrischer Weise angeordnet sind, dreht der Stoff die Polarisationsebene. Wie man sieht, umfassen diese Untersuchungen beinahe das ganze Gebiet der heutigen Chemie; man erkennt auch, daß es sich dabei nicht um das Aufsuchen bloßer empirischer Regeln handelt, sondern um echte Erklärungen. Sicherlich kann man die chemischen Atome noch längst nicht mit den physikalischen identifizieren, wenngleich in dieser Richtung besonders durch die Ionentheorie von SVANTE ARRHENIUS beträchtliche Fortschritte erzielt worden sind; aber allein die Tatsache, daß man in der Chemie schon zu einer Zeit von Atomen und Molekülen sprach, als die Vorstellungen der beiden Wissenschaften noch durch einen Abgrund

¹ VAN'T HOFF, *Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie*, 3. Heft. Braunschweig 1900. S. 3.

getrennt schienen, beweist, daß man es schon immer auf eine echte mechanische Theorie abgesehen hatte. Wenn SULLY-PRUDHOMME verkündet, es bestehe die Tendenz, die spezifischen Eigenschaften der verschiedenen Stoffe aus der Architektur der letzten Teilchen, d. h. im Grunde auf mechanische Weise zu erklären,¹ so kann man seine Behauptung zwar vom Standpunkt der heutigen Lage aus bestreiten, aber als Ausdruck eines Postulates ist nichts gegen sie einzuwenden. Manche freilich fanden, daß die Theorie zu lange auf sich warten ließe; das liegt daran, daß man sich über die Leichtigkeit der Aufgabe Täuschungen hingegeben hat. Die Enttäuschung war unvermeidlich; einer der hervorragendsten theoretischen Chemiker hat sie mit bitteren Worten eingestanden²: aus dieser Quelle stammen einerseits die heftigen Angriffe, die dieser Forscher gegen die mechanischen Theorien im allgemeinen gerichtet hat, und andererseits eine neue nicht-mechanische Theorie, mit der wir uns bald zu beschäftigen haben werden. Nichtsdestoweniger sind die soeben geschilderten Tendenzen bis heute in der Chemie im allgemeinen herrschend geblieben.³ Es erscheint im übrigen unzweifelhaft, daß diese Tendenzen direkt auf dem Kausalprinzip, d. h. auf dem Wunsche beruhen, die Identität in der Zeit zu beweisen.

Es kommt noch hinzu, daß die Chemie, wie wir bei der Besprechung der Einheit der Materie gesehen haben, nicht nur bestrebt ist, die Eigenschaften der Verbindungen aus denen der Elemente abzuleiten, sondern daß sie auch versucht, mit einer möglichst geringen Anzahl von Eigenschaften bei ihren Elementaratomen auszukommen. Nach Möglichkeit möchte man alles auf Atomgewichtsbetrachtungen zurückführen, weil man sich auf diese Weise offenbar am meisten dem Ideal der einheitlichen Materie annähert, und man betrachtet es als eine ernsthafte Unzuträglichkeit, daß diese Zurückführung sich für die Valenz noch nicht hat durchführen lassen, daß diese also noch immer eine *qualitas occulta* ist.*

¹ SULLY-PRUDHOMME et RICHET, *Le problème des causes finales*, Paris, S.91.

² OSTWALD, *Lettre sur l'énergétique*, Revue générale des sciences, VI, 1895, S. 1071.

³ Seitdem wir diese Zeilen geschrieben haben, haben sich die im Text erwähnten Tendenzen noch beträchtlich verstärkt. Vgl. hierzu *La Déduction relativiste*, § 198 ff. [Zusatz zur 3. Ausgabe].

[Vgl. die Bemerkungen der Fußnote S. 357. Ltn.]

* Vgl. den in der Fußnote auf S. 54 genannten Aufsatz von F. LONDON. Ltn.

Aber das sind Ausblicke in eine ferne Zukunft. Vorläufig können wir nicht nur die Eigenschaften der Elemente nicht erklären, sondern selbst wenn wir diese als gegeben hinnehmen, erscheinen uns trotzdem die der Verbindungen als rätselhaft. Man hat sich zuweilen darüber gewundert, daß die theoretische Chemie einen solchen Stand der Dinge, sei es auch nur als einen vorläufigen, so friedlich hinnimmt, und HUXLEY hat an der Stelle, auf die wir oben (S. 353) angespielt haben, diesem Erstaunen lebhaften Ausdruck verliehen. Nachdem er den merkwürdigen Eigenschaftswechsel erwähnt hat, den wir beobachten, wenn Sauerstoff und Wasserstoff sich zu Wasser verbinden, fährt der große Biologe fort: „Nichtsdestoweniger bezeichnen wir diese und viele andere nicht weniger seltsamen Vorgänge als Eigenschaften der Materie und glauben unbedenklich von ihnen, daß sie sich auf die eine oder andere Weise aus den Eigenschaften der den betreffenden Stoff zusammensetzenden Elemente ergeben“. Offenbar hat HUXLEY das Kapital an Glaubensbereitschaft nicht genügend gewürdigt, das jedesmal dann zur Geltung kommt, wenn wir an eine kausale Erklärung glauben sollen. Sicherlich ist es sehr sonderbar, daß das Wasser Wasserstoff und Sauerstoff enthalten soll. Als Wasserstoff und als Sauerstoff bezeichnen wir Stoffe, deren jeder eine Gruppe wohlbekannter Eigenschaften besitzt. Durch diese Eigenschaften definieren wir sie, diese Eigenschaften bilden integrierende Bestandteile ihrer Begriffe. Zwar können wir nicht behaupten, daß jene Eigenschaften als solche im Wasser erhalten bleiben; wir glauben jedoch, daß sie „auf die eine oder andere Weise“ — die nähere Bestimmung darüber überlassen wir der Zukunft — darin versteckt sind. Dies ist dieselbe Ausflucht, die bei ähnlicher Gelegenheit von der Blackschen Wärmetheorie angewandt wurde. Wir benutzen sie übrigens in gewissen Fällen und zwar mit mehr Offenheit heute noch, so namentlich beim Begriff der potentiellen Energie (vgl. S. 197).

Natürlich ignoriert die Chemie diese Schwierigkeit nicht gänzlich. Tritt sie doch um so deutlicher dadurch hervor, daß wir manches Element in mehreren gleichwertigen Formen kennen, die man seine allotropen Zustände nennt. Nimmt man also an, daß das Element wirklich in einer Verbindung enthalten ist, so entsteht die Frage, in welcher seiner verschiedenen Formen es darin vorkommt. Die Theoretiker lösen alle diese Rätsel durch einen Kunstgriff. In

der Verbindung ist das Element im „Atomzustande“ enthalten; sobald es aber frei wird, vereinigen sich die Atome zu Molekülen; es ist also nicht weiter verwunderlich, daß es dann ganz andere Eigenschaften zeigt. Diese Ausflucht beweist aufs deutlichste, daß es sich in Wirklichkeit um einen rein metaphysischen Begriff handelt; denn es versteht sich, daß dieses „Atom-Element“, das ja allein in die Verbindungen eingeht und darin verharret, das also eigentlich das wahre Element ist, von dem Stoff, den wir unter dem gleichen Namen kennen, völlig verschieden ist, daß es niemals wirklich isoliert und folglich auch nicht wahrgenommen werden kann. Unter diesem Gesichtspunkt angesehen gleicht es also dem *Schwefel* oder dem *Quecksilber*, wie die Chemiker im XVII. Jahrhundert sie auffaßten.

Gewiß entsprechen unsere modernen Hypothesen einer sehr viel größeren Zahl von Tatsachen, und vor allem schmiegen sie sich ihnen sehr viel genauer an, indem sie der Materie und der Energie in ihren verschiedenen Erscheinungsformen genau folgen und eine Kontrolle der Ergebnisse durch Meßinstrumente gestatten; die Erklärungen jedoch, die sie uns geben oder vielmehr versprechen, sind sehr viel unpräziser. Betrachten wir noch einmal unsere drei Gleichungen für das Quecksilberoxyd (VI. Kap., S. 229 f.)! Für den Phlogistiker war es durchaus natürlich, daß aus dem Quecksilberpräzipitat metallisches Quecksilber entsteht; denn es kommt ja das Phlogiston, das „metallische Prinzip“ hinzu. Heute haben wir die Wahl zwischen zwei Auffassungen. Entweder wir betrachten die chemischen Elemente als etwas Letztes, dann besteht zwischen den verschiedenen Metallen kein wirklicher Zusammenhang; daher bleibt die Ähnlichkeit zwischen ihren Eigenschaften schlechthin unerklärlich, und erst recht bleibt es unerklärlich, warum diese Eigenschaften in einem gegebenen Augenblick auftreten. Oder aber wir nehmen an, daß die chemischen Elemente Verbindungen ganz besonderer Art sind; dann können wir die Hoffnung hegen, eines Tages zu erfahren, warum die Materie, aus der sie bestehen, in ihnen gerade diese *metallischen* Eigenschaften zeigt; aber diese Erklärung erscheint uns vage und fernliegend*. Die vollkommen klare und einfache qualitative Erklärung wird durch eine Hypothese ersetzt, die qualitativ genommen offenbar sehr

* Es muß in diesem Zusammenhang wieder einmal auf die in der Fußnote¹ S. 102 genannten neueren Ergebnisse der Atomphysik hingewiesen werden. Ltn.

wenig erklärt, was hervorheben. Es leuchtet übrigens ein, daß diese Unzulänglichkeit ja HUXLEY und BERTHELOT in den soeben angeführten Stellen der mechanischen Theorien sich aus ihrem Wesen selbst ergibt; sie schalten von vornherein die Qualität als Empfindung vollkommen aus, und was die übrigen Eigenschaften betrifft, so sind sie zwar bestrebt, sie zu erklären; aber die Mittel, über die sie zu diesem Zweck verfügen, sind so wenig reichhaltig, daß eine solche Erklärung außerordentlich schwierig erscheint. Man darf sich daher nicht allzusehr über die Lebenskraft wundern, welche die qualitativen Theorien in der Chemie gezeigt haben. Vergißt man für einen Augenblick, daß die chemischen Gleichungen einen in einer bestimmten Richtung verlaufenden Vorgang symbolisch bezeichnen sollen, berücksichtigt man also nur die Gleichheit zwischen den beiden Seiten, so war die Darstellung nach der Phlogistontheorie entschieden vollkommener, denn sie setzte eine wirkliche Präexistenz derjenigen Eigenschaft voraus, die im Verlaufe des Vorgangs am meisten in die Augen springt, nämlich der *Metallizität*.

Damit sind wir endlich, allerdings auf einem großen Umweg, wieder bei den Qualitätstheorien angelangt; den Umweg glaubten wir nicht entbehren zu können; denn obwohl die Zeit dieser Theorien im ganzen genommen noch gar nicht so weit zurückliegt, so sind sie uns doch heute so fremd, daß man zu ihrem Verständnis gar nicht genug Vergleichsmomente heranziehen kann. Das eine hoffen wir wenigstens mit den vorstehenden Ausführungen bewiesen zu haben, daß nämlich das Problem, welches jene Lehren zu lösen bestimmt waren, dasselbe ist, mit dem sich auch die heutige Wissenschaft herumschlägt: wie ist das Erscheinen oder Verschwinden von Eigenschaften zu erklären? Die mechanischen Theorien postulieren, alles müsse sich auf die Anordnung und die Bewegung von gewissen Elementareinheiten zurückführen lassen, denen man von vornherein nur ein Minimum von Eigenschaften zuschreibt; das Ideal ist, wie wir wissen, sie völlig aller Eigenschaften zu entkleiden. Die qualitativen Theorien (unter diesem Namen können wir folgende Lehren zusammenfassen: den Aristotelismus, als naturwissenschaftliche Theorie betrachtet, die aus ihm hervorgegangenen Theorien bis zu der vom Phlogiston, diese selbst eingeschlossen, und endlich die Fluidumtheorien in der Physik) nehmen im Gegensatz dazu direkt an, daß die Qualität selbst bereits vorher existiert hat, daß sie in einer mehr oder minder

hypostasierten Gestalt ihren Ort verändert, sich mit den Körpern vereinigt oder von ihnen trennt. Bei HIPPOKRATES ist es das Trockne und Feuchte, das Warme und Kalte, aus denen der menschliche Körper besteht; bei SAADIA ist es die Wärme, die nach Zerstörung des Körpers zum Element des Feuers zurückkehrt; ebenso ist es bei STAHL das Phlogiston, die Brennbarkeit, und bei BLACK der Wärmestoff, was von einem Körper zum anderen übergeht. Und deutlich erkennt man, wie sich in allen diesen Lehren immer wieder mit großer Kraft der Kausaltrieb offenbart.

Die Deduktion, die wir soeben versucht haben, wirft ein neues Problem auf. Wenn es nämlich zutrifft, daß die Qualitätstheorien auf den gleichen Tendenzen beruhen und demselben Prinzip entstammen wie die Mechanistik, so entsteht die Frage, welche Vorteile denn dieses letztere System bietet und wie es sich erklärt, daß es in der Naturwissenschaft in steigendem Maße die Vorherrschaft erringt.

Versuchen wir zunächst einmal uns vorzustellen, wie eine rein qualitative Wissenschaft aussehen müßte. Die Qualität ist, wie wir sahen, weiter nichts als eine hypostasierte Empfindung. Erscheinen uns nun zwei Empfindungen nicht als absolut identisch, wie etwa die Farbwahrnehmungen bei zwei Stücken desselben Gewebes oder die Töne zweier genau gleich gestimmter Stimmgabeln, so können sie sich nur durch ein qualitatives Merkmal unterscheiden; dasselbe gilt für die Empfindungen von zwei verschiedenen großen Kugeln (S. 319).

Wir können also, ohne das Gebiet der reinen Qualität zu verlassen, sehr wohl eine Empfindung innerhalb gewisser Grenzen identifizieren; wir können auch eine numerische Skala aufstellen, um uns die einzelnen Qualitäten merken zu können, wie wir das etwa mit Temperaturen oder mit Prüfungsnoten machen; aber weiter können wir nicht gehen. Es nützt mir nichts, daß ich imstande bin, unter drei Tönen oder drei mit der gleichen roten Farbe, jedoch verschieden hell gefärbten Stoffen oder endlich unter drei verschieden großen Kugeln, stets den- oder diejenige anzugeben, die zwischen den beiden anderen liegt. Denn hätte ich selbst eine vollständige Skala, z. B. eine Tonleiter oder eine Farbenskala oder eine Reihe von Kugeln aufgestellt, so könnte ich doch durch keinen Kunstgriff von einem Glied der Reihe zu den Nachbargliedern gelangen. Man kann z. B. nicht sagen, daß zwei Töne zusammen gleich einem dritten seien; sie lassen sich nicht addieren. In diesem Falle leuchtet das deshalb besonders ein,

weil ja zwei Töne zusammen einen Akkord und nicht einen einzelnen Ton ergeben. Aber im Grunde verhält es sich bei der Farbe genau so und ebenso bei der Größe, wenn man diese als reine Tastempfindung auffaßt. Die Tatsache, daß zwei Schattierungen eine dritte bilden können und daß von zwei Kugeln das gleiche gilt, hat mit der unmittelbaren Empfindung gar nichts zu tun. Nicht allein jede Qualität, wie HUME gesagt hat,¹ sondern jede Schattierung einer solchen oder vielmehr einer Empfindung (weil ja die Qualität schon eine Umsetzung, eine Hypostase darstellt) ist etwas in sich Abgeschlossenes.

Auf welche Weise kommt nun zu dieser rein qualitativen Empfindung eine Quantitätsempfindung hinzu? Offenbar hängt das, wie schon der Ausdruck „Quantität“ vermuten läßt, mit Substanzvorstellungen zusammen. Ich nehme an, daß die Ursache meiner Empfindung *Kugel* die Existenz eines bestimmten aus einem gewissen Stoff geformten Gegenstandes ist. Vereinige ich nun den Stoff zweier Kugeln gleicher Größe und verleihe ihm die Gestalt einer einzigen Kugel, so werde ich eine Empfindung haben, die ich eben noch ähnlich aber qualitativ verschieden gehabt habe. So wie die Dinge nunmehr liegen, werde ich aber annehmen, daß die Materie nur ihren Ort geändert hat, daß sie also eine Veränderung erfahren hat, bei der die Identität mir gewährleistet scheint; ich werde also jetzt sagen, daß zwischen einer der ursprünglichen Kugeln und der soeben geformten nur ein Unterschied des Mehr oder Weniger besteht, also ein quantitativer Unterschied. Ebenso gelingt es mir auch, die Farbschattierungen und die Töne als Quantitäten aufzufassen, indem ich die Beobachtung mache, daß eine und dieselbe Saite, je nachdem ob ich sie verlängere oder verkürze, Töne von verschiedener Höhe erzeugt und daß ein Stück Stoff mit der doppelten Menge eines Farbstoffes gefärbt eine ganz bestimmte Schattierung annimmt. Bekanntlich hat man ja übrigens durch Berücksichtigung der Wellenlängen des Lichtes numerische Beziehungen zwischen verschiedenen Farben aufgestellt; aber in diesem Falle ist die Beziehung zwischen der Veränderung des Gegenstandes und meiner Empfindung weniger unmittelbar; infolgedessen verliere ich da auch nicht so leicht die Tatsache aus dem Auge, daß die Empfindung von diesen quantitativen Be-

¹ Vgl. oben S. 322.

trachtungen unmittelbar gar nichts weiß. Aber bei den Kugeln ist das ganz ebenso sicher. Um unsere Überzeugung in diesem wichtigen Punkte zu befestigen, brauchen wir nur die Quantitätsempfindung in ihrer elementarsten Form zu betrachten und den Gesichtssinn an die Stelle des Tastsinnes zu setzen. Stellen wir uns hundert Orangen vor, die in Reihen von je zehn quadratisch angeordnet sind. Sicher kann ich sie mir einzeln ansehen und werde dann hundert ähnliche Empfindungen haben. Umfasse ich jedoch zuerst das Ganze mit einem Blick, so habe ich die Empfindung von einem „Quadrat von Orangen“, d. h. eine einheitliche Empfindung. Wenn ich nun sage, daß dieses Quadrat aus hundert Orangen besteht, so behaupte ich, daß, wenn ich hundert Gegenstände, deren jeder mir einzeln die Empfindung „Orange“ gibt, in bestimmter Weise anordne, ich die Empfindung des Quadrats erhalte; für sich genommen ist die letztere jedoch ebenso ursprünglich wie die erstere. Eine Stange von sechs Metern ruft nicht zweimal die Empfindung einer Stange von drei Metern hervor, sondern ich weiß einfach, daß, wenn ich zwei Stangen von je drei Metern aneinander lege, ich die Empfindung einer sechs Meter langen Stange habe.

Dadurch, daß man so an die Stelle der Empfindung ihre vermutliche äußere Ursache, den Gegenstand, setzt, sichert man sich den ungeheuren Vorteil, die Empfindungen miteinander zu verknüpfen, die eine durch die andere zu erklären; die Empfindung der sechs Meter langen Stange wird durch die der drei Meter langen erklärt usw. Die Möglichkeit dieser Addition, die unausführbar ist, solange wir im Gebiet der rein qualitativen Empfindung bleiben, zieht offenbar die Möglichkeit aller ähnlichen Operationen nach sich. Im Gebiet der eigentlichen Wissenschaft setzen wir dann dieses Verfahren fort; wobei uns übrigens die Empfindung immer weniger stört. Um behaupten zu können, daß Masse und Energie sich erhalten (was Erklärungen durch Identität wie bei der Stange ermöglicht), muß man sie offenbar zuerst in Größen verwandelt haben. So tritt an die Stelle der Qualität die addierbare Größe. Der Vorteil, der sich daraus für die Wissenschaft, und zwar auch schon für die bloße Gesetzeswissenschaft ergibt, ist ungeheuer. Dieses Verfahren ermöglicht nämlich das Eindringen und die Anwendung der Mathematik: in allen Sprachen sind die Wörter „berechnen“ oder „rechnen“ und „voraussehen“ Synonyma.

Im Falle der Stange und der Kugel findet die Ersetzung der Empfindung durch den Gegenstand in unbewußter Weise statt, sie ist eine Wirkung dessen, was man den gemeinen Menschenverstand nennt, dessen Funktionsweise wir etwas später untersuchen wollen. Diese Ersetzung vollzieht sich so schnell, daß wir eine Anstrengung machen müssen, um uns zur reinen Empfindung zurückzufinden. Übrigens ist die Sprache sozusagen außerstande die letztere auszudrücken; wie man schon lange bemerkt hat, ist sie ganz und gar nach dem gemeinen Verstande geformt und nimmt fortwährend auf den äußeren Gegenstand und nicht auf die Empfindung bezug. Indem wir an die Stelle des Tones oder der Farbe Schwingungen, d. h. quantitative Vorgänge setzen, führen wir gleichfalls die Mathematik in ein Gebiet der qualitativen Empfindung ein; aber da wir dabei in bewußter Weise verfahren, ist die Ersetzung eine weniger vollständige, das quantitative Element verschmilzt, wie wir sahen, nicht mit unserer Empfindung.

Bleibt man streng im Gebiet der Qualität, so wird die Wissenschaft, die man dann aufbauen kann, eine eng begrenzte sein, denn die Anzahl der untereinander verschiedenen Empfindungen ist unendlich, und es kommt außerordentlich selten vor, daß zwei Empfindungen wirklich identisch sind. In Wirklichkeit hat niemals jemand versucht, eine solche Wissenschaft aufzubauen; schon die des ARISTOTELES entfernte sich weit von dieser Linie. Immerhin versucht er ernsthaft, „das Warme“ als eine reine und einfache Qualität zu behandeln; daran, daß dieser große Geist vergeblich versucht hat, diesen Weg zu gehen, kann man erkennen, daß er ungangbar ist. Neben dem „Warmen“ sieht ARISTOTELES sich genötigt, das „Kalte“ als eine davon getrennte Qualität einzuführen, sind doch in der Tat die entsprechenden Empfindungen völlig verschieden.¹ Aber selbst mit Hilfe dieser zwei entgegengesetzten Qualitäten gelingt ihm keine klare Vorstellung von der Abstufung der Wärme, obwohl uns diese Vorstellung heute sehr einfach erscheint. Er hätte nämlich dieses Ziel nur dadurch erreichen können, daß er das Warme und das Kalte als echte Substanzen betrachtete,

¹ Bekanntlich hat auch GASSENDI neben dem Wärmestoff einen besonderen Kältestoff angenommen. Vgl. ROSENBERGER, *Geschichte*, Bd. II, S. 118. Vgl. übrigens oben im IX. Kap., S. 304, Anm. 1, die Bemerkungen über die Vermittlung der Kälte- und Wärmeempfindung durch verschiedene periphere Organe.

die sich in verschiedenen Verhältnissen mischen können; damit hätte er sich aber natürlich noch weiter vom qualitativen Standpunkt entfernt. Übrigens drückt er sich so zweideutig aus, daß manche seiner Anhänger im Mittelalter ihn in dieser Weise verstehen konnten.

Werden aber Wärme und Kälte als Substanzen angesehen, so ist es einfacher, die eine von ihnen auszuschalten, ungefähr ebenso wie in der Elektrizitätslehre die Theorie der zwei Fluida derjenigen des einen Fluidums den Platz räumen mußte. So gelangt man zu der Vorstellung von der Wärmesubstanz oder dem Wärmefluidum, die ja in der Tat lange Zeit in der Physik geherrscht hat. Sie knüpft noch deutlich an die Qualitätstheorien an, und unter diesem Gesichtspunkt haben wir sie oben behandelt; aber es ist eine stark durch quantitative Betrachtungen gemilderte Qualitätstheorie, denn durch dieses Mittel werden die verschiedenen Wärmegrade miteinander verknüpft.

Wenn übrigens auch die rein qualitativen Theorien dazu verurteilt sind, für die Naturwissenschaft völlig unfruchtbar zu bleiben, so gilt, wie man an dem vorstehenden Beispiel sieht, für jene eine Zwischenform bildenden Theorien keineswegs dasselbe. Die Vorstellung vom Wärmestoff hat den Physikern des XVIII. Jahrhunderts sehr große Dienste geleistet. Mit ihrer Hilfe haben sie die Mischungsgesetze aufgestellt, die Bedingungen für die Änderungen des Aggregatzustandes untersucht usw. Bekanntlich hat noch CARNOT sie in seinem berühmten kleinen Werk benutzt. Da er in einer Anmerkung zugegeben hat, daß er die Wärme für eine Art der Bewegung hielt, so hat man zuweilen daraus geschlossen, daß er den Begriff des Wärmestoffs nur benutzt habe, um sich der zu seiner Zeit in der naturwissenschaftlichen Welt herrschenden öffentlichen Meinung anzupassen. Das ist aber vielleicht ein etwas voreiliger Schluß. Liest man aufmerksam die *Considérations*, so glaubt man zu erraten, daß die Auffassung der Wärme als eines Stoffes, der sich ausubreiten strebt, nicht ganz ohne Nutzen für ihn gewesen sei. Sicher ist, daß mechanistische Vorstellungen ihm bei dieser Gelegenheit gar nichts genützt hätten; sie hätten ihn womöglich gestört, denn es hält schwer, die strenge Mechanistik mit dem Carnotschen Prinzip in Einklang zu bringen (VIII. Kap., S. 274). Wie wir sahen, sind in der Naturwissenschaft und besonders in der Chemie noch gewisse Reste jener qualitativen Lehren erhalten geblieben; es ist gar

nicht ausgemacht, daß sie nicht noch erhebliche Dienste zu leisten bestimmt sind. Sie begnügen sich mit der Erklärung des Werdens und beanspruchen nicht eine Erklärung vom Sein zu geben; das Identitätsprinzip drückt sich in ihnen in einer weniger strengen Weise aus als in den mechanischen Theorien; sie können in manchen Fällen das wissenschaftliche Denken leiten, dort nämlich, wo, wie beim Carnotschen Prinzip, das Prinzip der absoluten Identität notwendig versagt.

Ein Charakterzug, durch den die qualitativen Theorien sich von den mechanischen unterscheiden, besteht darin, daß sie die Stetigkeit zulassen; solange man die Wärme und die Elektrizität für Fluida hielt, drängte sich die Vorstellung einer atomistischen Konstitution weder für die eine noch für die andere irgendwie auf. Das ist übrigens, wie wir nebenbei bemerken wollen, ein Argument gegen die Behauptung, daß es die Mathematik sei, durch die das Diskrete in die Physik eingeführt wird. Für uns liegt die Ursache dieser Unterscheidung in der Deduktion, die wir früher (II. Kap., S. 94) dargestellt haben. Das diskrete Atom wird notwendig, wenn wir die Veränderung auf die Anordnung von Teilen zurückführen wollen, die zeitlich unwandelbar sein sollen; denn da die Ausdehnung zu ihrem Wesen gehört, sie aber ihre räumlichen Eigenschaften dauernd behalten sollen, so müssen sie genau umrissen sein. Dagegen sind die hypostasierten Qualitäten ihrem Wesen nach keineswegs räumlich. Wenn ich mir die Wärme als ein Fluidum vorstelle, so werde ich diesem kein bestimmtes Volumen zuschreiben, sondern annehmen, daß dieselbe Menge jedes beliebige Volumen einnehmen kann. Die Identität wird hier nicht wie beim Atom durch die Erhaltung der räumlichen Grenzen sichergestellt, sondern durch die Erhaltung eines intensiven Kennzeichens, das ursprünglich auf der Empfindung beruht — ich betrachte das als dieselbe Wärme, was mir bei der Berührung so erscheint —, das wir aber später durch einen abgeleiteten Begriff ersetzen, den wir z. B. auf die Thermometerskala gründen. Daher drängt sich uns in diesem Falle das Diskrete nicht mehr auf.

Aber natürlich haftet allen qualitativen Theorien, wie gemäßigt sie auch sein mögen, ein gemeinsamer wesentlicher Mangel an: der Bereich der betreffenden Qualität erscheint als absolut begrenzt, er ist gewissermaßen mit einem unüberbrückbaren Graben umgeben

und steht außerhalb jeder möglichen Beziehung zu anderen Naturerscheinungen. Solange die Wärme als Stoff galt und die Elektrizität als ein anderer, war kein Übergang vom einen zum anderen möglich. Genauer gesagt: man hätte sich wohl eine Verwandlung des einen in den anderen vorstellen können, etwa durch eine Umordnung der Moleküle, ungefähr so wie sich der weiße Phosphor in roten verwandelt; aber dann wäre das Fluidum kein spezifischer Wärmestoff mehr gewesen, sondern dieser Charakter wäre zu einem Attribut der Anordnung seiner Teilchen geworden. M. a. W.: das Fluidum wäre nicht mehr die Hypostase einer Empfindung, und die Theorie würde aufhören qualitativ zu sein. Zuweilen glaubt man im XVIII. Jahrhundert derartige Gedanken zu erkennen. Aber die Physik hat die Beziehungen zwischen den verschiedenen Energieformen erst durch die Umwandlung von mechanischer in Wärmeenergie usw. klar erkannt; übrigens war bereits früher die Ähnlichkeit zwischen Wärme und Licht auf der einen und der Wellenbewegung auf der anderen Seite klar bewiesen worden, so daß die Vorstellung sich aufdrängte, daß es sich in allen diesen Fällen nicht um Anordnungen, sondern um Bewegungsformen handelte. In demselben Sinne würde der Nachweis klarer Beziehungen zwischen den verschiedenen Elementen unmittelbar die Ansicht von der Einheit der Materie zur Herrschaft bringen, d. h. die Ansicht, daß die spezifischen qualitativen Unterschiede zwischen den verschiedenen Elementen, die wir gegenwärtig noch annehmen müssen, später verschwinden werden, um Unterschieden der Bewegung oder der Anordnung Platz zu machen.

So ersetzt die Naturwissenschaft, wo sie von einer qualitativen Theorie ausgeht, je weiter sie fortschreitet, in um so höherem Maße die Qualität durch die Quantität. Es ist dabei zu bemerken, daß schon allein das Prinzip der Gesetzmäßigkeit, d. h. das ständige Bemühen, die Beziehungen zwischen den Dingen zu vermehren, diese Entwicklung zur Genüge erklärt. Man darf jedoch nicht vergessen, daß bereits der Ausgangspunkt, die qualitative Theorie, eine kausale Auffassung darstellt, insofern sie die Erhaltung von etwas behauptet (was in diesem Falle eine hypostasierte Empfindung ist). Außerdem ist dieser Fortschritt, der auf die Ersetzung eines kausalen Begriffs durch einen anderen hinausläuft, selbst ein solcher im Sinne der Kausalität. In jedem Falle nämlich, in dem wir von einer Qualität zu einer Quantität übergehen, entfernen wir uns von der Empfin-

dung und ersetzen sie mehr und mehr durch hypothetische Begriffe. Wenn wir an Stelle des Warmen und des Kalten, die wir bei ARISTOTELES finden, die *Wärme* und dann den Wärmestoff einführen, haben wir bereits einen sehr abstrakten Begriff geschaffen; dieser Stoff ist von unserer Empfindung schon sehr verschieden, denn er ruft mindestens drei wohl charakterisierte Arten von Empfindungen in uns hervor: die des *Kalten*, des *Warmen* und des *Heißen*. Der Unterschied wird noch größer, sobald die Wärme eine Bewegung wird. Nun haben alle diese Begriffe zu unserer Empfindung keine andere Beziehung und können keine haben als die, daß sie eine Ursache dieser Empfindung sein sollen; also hat sich der Fortschritt in der Weise vollzogen, daß an die Stelle der Empfindung etwas gesetzt wurde, was als ihre Ursache galt. Auch aus diesem Grunde also und nicht nur deshalb, weil sie nicht beim Werden stehen bleibt, sondern auch die Ursache des Seins zu erklären beansprucht, stellt die Mechanistik einen vollkommeneren Ausdruck des Kausalprinzips dar.

Vorstellungen, die denen der qualitativen Theorien ähnlich sind, liegen zu einem sehr großen Teil einer Gruppe von Lehren zugrunde, die in der ersten Hälfte des XIX. Jahrhunderts aufgekomen sind. Indessen haben sich die Spekulationen der deutschen *Naturphilosophen*, an die wir dabei denken, im wesentlichen an der Peripherie der Naturwissenschaft abgespielt; wenn sie auch auf die Entwicklung dieser Wissenschaft nicht ganz ohne Einfluß geblieben sind — man darf nicht vergessen, daß OERSTED, der Entdecker des Elektromagnetismus, von ihnen angeregt worden ist —, so haben sie doch anscheinend niemals echte naturwissenschaftliche Theorien dargestellt. Wir haben sie also nicht als solche zu prüfen. Aber vor kurzem ist eine neue Theorie aufgestellt worden, die zwar in mancher Hinsicht an jene älteren Lehren anknüpft, die aber einen echt naturwissenschaftlichen Charakter trägt. Schon der Name ihres Begründers, WILHELM OSTWALDS, des berühmten theoretischen Chemikers, würde genügen, um die Aufmerksamkeit auf diese Ansichten zu lenken, die im übrigen in mehr als einer Hinsicht bemerkenswert sind.

Für OSTWALD bildet die Außenwelt die Offenbarung eines einzigen Prinzips, nämlich der Energie. Wir kennen die Welt nur durch unsere Empfindungen; diese aber seien weiter nichts als Energie-

differenzen.¹ Man kann alle Erscheinungen dem Energiebegriff einordnen; durch ihn allein sind sie alle bestimmt.² Der Begriff der Energie umfaßt den der Ursache.³ Selbst den Raum kennen wir nur aus dem Energieaufwand, der nötig ist, ihn zu durchdringen.⁴ Wenn wir ihn als unveränderlich ansehen, wenn wir seine Erhaltung postulieren, so geschieht das deshalb, weil es sich um die Erhaltung einer speziellen Energieform, nämlich der Volumenergie handelt.⁵ Die Energie ist zugleich die allgemeinste Substanz und das allgemeinste Akzidenz.⁶ Sie ist Wirklichkeit, während die Materie eine Erfindung ist, „übrigens eine ziemlich unvollkommene, die wir uns gemacht haben, um das darzustellen, was in allem Wechsel beharrt“. ⁷ Trennt man die Energie von der Materie, so verschwindet diese.⁸ Kurz, die Energie ist in viel höherem Grade als der Äther bei gewissen atomistischen Physikern das letzte Element, das einzige Substrat aller Wirklichkeit. Selbstverständlich können wir nicht daran denken, sie wirklich zu zerlegen; aber in Gedanken können wir das wohl, da können wir sie auf verschiedene Weisen in Faktoren zerlegen. Gewisse unter diesen Faktoren gehören zu der Klasse, die OSTWALD als „Intensitätsfaktoren“ bezeichnet, wie z. B. die Geschwindigkeit und die Temperatur. Es sind das keine echten Größen, denn sie addieren sich nicht: zwei Körper von gleichem Gewicht bilden zusammen einen Körper von doppeltem Gewicht; aber zwei Körper von gleicher Geschwindigkeit oder gleicher Temperatur bilden zusammen nur einen Körper von derselben Temperatur oder Geschwindigkeit. OSTWALD bemerkt, daß, wenn man die Energie durch einen Intensitätsfaktor dividiert, man zu Größen gelangt, die konstant bleiben, d. h. die sich nur dann ändern können, wenn dem System von außen Energie zugeführt wird. Dazu gehören die Masse, die Bewegungsgröße, die Elektrizitätsmenge. Das Prinzip der Erhaltung der Materie erscheint nicht mehr wie bisher als ein

¹ OSTWALD, *La déroute de l'atomisme contemporain*, Revue générale des sciences, VI, S. 956.

² Ders., *Vorlesungen über Naturphilosophie*, 2. Aufl., Leipzig 1902, S. 152.

³ A. a. O. S. 153.

⁴ *La déroute*, S. 957.

⁵ *Vorlesungen*, S. 285.

⁶ A. a. O. S. 146.

⁷ *La déroute*, S. 956. Vielleicht hat OSTWALD seine Ansichten über diesen besonderen Punkt in der Folge etwas geändert, wenigstens scheint dies aus Stellen hervorzugehen, die wir später anführen werden.

⁸ Dasselbst, S. 957.

Fundamentalsatz der Naturwissenschaft, sondern wird zu einem Spezialfall der Erhaltung jener Größen, die OSTWALD „Kapazitäten“ nennt.¹

Man muß zugeben, daß OSTWALDS System seine sehr verführerischen Seiten hat. Die Deduktion der „Kapazitäten“, dieses allgemeinen Begriffs, der alles zu umfassen scheint, was sich bei den Vorgängen erhalten muß, das Verfahren, das dies *a priori* voraussehen gestattet, erwecken auf den ersten Blick die Vermutung, wir seien damit wirklich einem der fundamentalsten Geheimnisse der Natur auf der Spur, vielleicht dem allgemeinsten Prinzip, das sie leitet. Sieht man jedoch näher zu, so erheben sich ernste Zweifel.

Wir wollen von der Verwunderung absehen, die durch den Umstand erregt wird, daß hier die Unveränderlichkeit des Raumes — eine Vorstellung, von der wir doch das Gefühl haben, daß sie dem Beginn aller Erfahrung vorausgeht oder mindestens mit ihm zugleich da sein muß — aus einer so komplizierten Vorstellung wie der der Volumenergie, d. h. letzten Endes aus der Erhaltung der Energie abgeleitet wird. Diese Behauptung gehört wohl nicht wesentlich zu dem System, und OSTWALD könnte sie aufgeben, ohne dadurch seine Theorie in Gefahr zu bringen. Ebensowenig wollen wir uns auf gewisse Inkonssequenzen berufen, die sich wohl zur Not beseitigen ließen.² Wir wollen uns statt dessen an die eigentliche Grundlage des ganzen Systems, nämlich an den Begriff der Energie und das Prinzip ihrer Erhaltung halten. Für OSTWALD ist das etwas, was, wie wir sahen, die ganze Erfahrung bestimmt und beherrscht. Indessen meint er nicht etwa, daß dieses Prinzip *a priori* gelte (womit er zweifellos recht hat), sondern er schreibt ihm einen empirischen Ursprung zu.³ Dann aber müßte es, scheint uns, mindestens die Konstatierung einer ständigen und alltäglichen Erfahrung sein, einer Erfahrung, die zu allen Zeiten gemacht worden wäre. Nun ist das Prinzip aber, wie wir gesehen haben, erst ganz jungen Datums; vor dem XVII. Jahrhundert hat nicht nur niemand

¹ Vorlesungen, S. 281 f.

² „HÖFLEB, *Zur gegenwärtigen Naturphilosophie*, Berlin 1906, S. 37, hat auf eine dieser Inkonssequenzen hingewiesen, nämlich daß OSTWALD Wellen zuläßt; kann denn aber die Energie selbst schwingen, da sie doch in ihrer mechanischen Form (wegen v^2) weder einen negativen Wert noch eine Richtung besitzen kann?

³ Vorlesungen, S. 173 und 186.

es ausgesprochen (ganz im Gegensatz zu dem, was für das Prinzip der Erhaltung der Materie gilt), sondern es wurde nicht einmal von irgend jemand vorausgeahnt, und so schwer war es zu formulieren, daß, als es (von DESCARTES) zum erstenmal ausgesprochen wurde, dies in irrtümlicher Weise geschah. Noch heute bleibt es als empirisches Gesetz schwer zu verifizieren, und in vielen Fällen ist eine solche Verifikation überhaupt nicht möglich; ganz davon zu schweigen, daß gewisse neuere Entdeckungen, besonders die der radioaktiven Stoffe, gewiß die Tendenz zeigen, es zu erschüttern, sofern man es als unmittelbar der Erfahrung entnommen ansieht. In Wahrheit hat die Energie, wie HERTZ gesagt hat, nichts von einer Substanz an sich; ihre Erhaltung ist einfach *plausibel*; dann aber muß man sie aus dem Kausalprinzip ableiten und nicht umgekehrt, wie OSTWALD es will.

Andererseits führt das so scharfsinnig ausgedachte System der *Intensitäten* und *Kapazitäten* zu einem Widerspruch, der es in seinem wesentlichen Kern bedroht. Man kann nicht bestreiten, daß die Temperatur nach OSTWALDS Definition einer der am besten charakterisierten Intensitätsfaktoren ist; denn bringt man zwei Körper von gleicher Temperatur zusammen, so ändern sie dadurch ihre Temperatur nicht. Dividiert man nun aber die Wärmeenergie durch die Temperatur, so erhält man die Entropie. Nach OSTWALD müßte also die Entropie zu den *Kapazitäten* gehören, d. h. konstant bleiben. Nun ist aber bekanntlich ihr Hauptmerkmal, daß sie (mit Ausnahme des in der physischen Welt nicht realisierbaren Grenzfalles) im Gegenteil ständig zunimmt. OSTWALD hat versucht, diese Schwierigkeit, die sein ganzes System zu zerstören droht, zu beseitigen. Aus gewissen experimentellen Ergebnissen, wie es scheint, vornehmlich aus denen von LANDOLT, leitet er die Behauptung ab, daß die Masse sehr wohl keine konstante Größe, sondern unaufhörlichen Veränderungen in derselben Richtung unterworfen sein könnte.¹ Offenbar verändert diese Annahme völlig den von OSTWALD selbst aufgestellten Begriff der Kapazität, indem alle Kapazitäten der Entropie angeglichen werden sollen. Wer sähe nicht, wie künstlich ein solches System ist? Daß die Materie sich dissoziieren kann, ist sicher zuzugeben; die Tatsachen jedoch, aus denen auf eine solche Dissoziation geschlossen werden könnte, sind, alles in

¹ *Vorlesungen*, S. 283.

allem genommen, selten und geringfügig. Was besteht aber für eine Analogie zwischen dieser Situation und dem Verhalten der Entropie, deren offensichtliche Tendenz zu unaufhörlichem Wachstum uns als die große Triebfeder erscheint, die den Ablauf der Erscheinungen in der Natur regelt, wie das übrigens von OSTWALD selbst anerkannt wird? Leuchtet es nicht im Gegenteil ein, daß die Masse sich nicht wie die Entropie, sondern wie die Energie verhält? Daß das Prinzip der Erhaltung der Masse in keiner Beziehung dem Carnotschen Prinzip gleicht, dagegen dem Energieprinzip völlig analog ist? Die auf experimentellem Wege festgestellten Abweichungen vom Prinzip der Massenerhaltung sind gewiß nicht beträchtlicher als die für das Energieprinzip festgestellten. Ganz zu schweigen von der Tatsache, daß, wie ÉTARD mit Recht bemerkt,¹ die Begriffe der Masse und der Energie für uns so unlösbar verknüpft sind, daß die Vernichtung der einen das Verschwinden der anderen nach sich zieht: für $m = 0$ verschwindet auch mv^2 , da die Geschwindigkeit offenbar endlich bleiben muß. Wie soll man sich übrigens die Energie ohne das Substrat der Masse vorstellen? Unter diesen Umständen widerstreitet es daher wahrhaftig allen Regeln der Logik, wenn man die Erhaltung der Energie als unerschütterliche Grundlage einer Theorie der Welt aufrichtet und dabei annimmt, daß die Erhaltung der Masse nur ein Schein sei, den die Tatsachen eines Tages widerlegen würden.

Wir müssen übrigens feststellen, daß OSTWALD sich bei der Aufstellung seiner energetischen Theorie mit den von ihm selbst verkündeten allgemeinen Grundsätzen in Widerspruch gesetzt hat. Diese Grundsätze sind diejenigen AUGUSTE COMTES; das ergibt sich aus einer Stelle, die wir am Anfang des vorliegenden Werkes angeführt haben (I. Kap., S. 2). Man kann sie in die Behauptung zusammenfassen, daß das Gesetz für sich allein zur Erklärung der Erscheinungen ausreicht; das *hypotheses non fingo* wird also bis zu ihrer völligen Aufgabe, bis zum Verbot alles dessen getrieben, was über das Gesetz hinausgeht. Muß man noch besonders beweisen, daß die energetische Hypothese, wie OSTWALD sie auffaßt, in diesen

¹ ÉTARD, *Les nouvelles théories chimiques*, Paris, S. 12.

* Der Relativitätstheorie zufolge ist an eine Masse stets ein bestimmter Energiebetrag geknüpft, jeder Energie ist eine bestimmte Masse zuzuschreiben. Ltn.

Rahmen nicht hineinpaßt? Mehr als die Atome irgendeines mechanistischen Theoretikers ist die Energie des Leipziger Forschers ein echtes ontologisches Wesen, ein Ding an sich¹. Sie besteht schlechthin, unabhängig von jedem anderen Ding, sie umfaßt zugleich die Substanz und das Akzidenz, den Raum und die Ursache, sie ist Ursache ihrer selbst, *causa sui*, und verursacht ihrerseits die gesamte Erscheinungswelt. Es gehört gewiß zu den bedeutsamsten Tatsachen, daß ein so hervorragender Kopf wie OSTWALD sich ungeachtet seines so klaren Glaubensbekenntnisses nicht auf das Gebiet des reinen Gesetzes hat beschränken lassen, sondern außerhalb desselben ein echtes *Erklärungssystem* aufzustellen versucht hat. Und ebenso bemerkenswert ist es, daß er, sowie er einmal die strenge Gesetzmäßigkeit verlassen hatte, zur Grundlage seiner Theorie einen zeitlich unveränderlichen Begriff, eine *Konstanz* gewählt hat. Schließlich ist es auch sehr interessant, zu bemerken, daß auch in diesem System, genau wie in der atomistischen Theorie, das Carnotsche Prinzip eine Anomalie darstellt². OSTWALD versucht, wie wir sahen, die Schwierigkeit durch die Annahme zu umgehen, daß die anderen „Kapazitäten“ sich vielleicht auch nicht erhalten. Aber in Wirklichkeit verlangt die Logik seines Systems vielmehr eine Angleichung im umgekehrten Sinne: die Entropie müßte sich wie die Masse und die Bewegungsgröße verhalten, d. h. sich unbegrenzt erhalten. M. a. W., da die Vermehrung der Entropie die große Triebfeder der Veränderung ist: *es dürfte keine Veränderung in der Zeit geben*. Das war ja, wie wir gesehen haben, das Schema aller „Erklärungen“. Vielleicht wird sich sogar herausstellen, daß die kinetischen Theorien der Ostwaldschen in dieser Hinsicht noch überlegen sind. Es ist jedenfalls weniger paradox, wenn man versucht das Carnotsche Prinzip statistisch zu erklären, als wenn man unter Aufrechterhaltung der Konstanz der Energie eine Analogie zwischen der Masse und der Entropie herzustellen unternimmt.

¹ Vgl. besonders *Vorlesungen*, S. 242, wo OSTWALD gegen die Annahme jedes anderen „Dinges an sich“ protestiert und beweist, daß allein die Energie als ein solches anzusehen sei. — DRIESCH hat nicht ganz unrecht, wenn er die Ostwaldsche Theorie als „metamorphosierten Materialismus“ behandelt (*Naturbegriffe und Natururteile*, Leipzig 1904, S. 106).

² OSTWALD (*Vorlesungen*, S. 281) bezeichnet es als eine „Unregelmäßigkeit unseres Weltbildes“.

ELFTES KAPITEL

Der gemeine Menschenverstand

In diesem Kapitel werden wir zu zeigen versuchen, daß das, was man als die Begriffe des gemeinen Menschenverstandes bezeichnet, durch einen unbewußten Prozeß entstanden ist, der aber im übrigen genau dem Verfahren entspricht, durch das wir die wissenschaftlichen Theorien bilden; wir werden zeigen, daß auch hier der Kausaltrieb, das Prinzip der Identität in der Zeit, eine hervorragende Rolle spielt, und daß unter diesem Gesichtspunkt der gemeine Menschenverstand einen integrierenden Bestandteil der Wissenschaft bildet, oder daß umgekehrt die Wissenschaft, wie man manchmal gesagt hat — freilich vielleicht in etwas anderem Sinne, als es gemeint war —, eine Weiterführung des gemeinen Menschenverstandes ist. Wir waren genötigt, in den vorhergehenden Kapiteln gewisse besondere Seiten des Problems vorweg kurz zu behandeln. Jetzt werden wir es etwas gründlicher untersuchen.

Wenn ich die Augen öffne, so nehme ich Gegenstände wahr, und diese Wahrnehmung erscheint zunächst als etwas Einfaches und Ursprüngliches. Tatsächlich ist es aber nicht so. Der Blindgeborene, der sehend geworden ist, — es ist dies eine Feststellung, die in der Psychologie bereits zum Allgemeingut geworden ist — hat zunächst nur verworrene Gesichtsempfindungen, erst durch Übung verbinden sie sich bei ihm mit den Tastempfindungen, die ihm seit langem vertraut sind, und erst dann gelangt er wirklich dazu, „Gegenstände“ durch den Gesichtssinn wahrzunehmen. Die Wahrnehmung ist also ein verwickelter Vorgang; das Gedächtnis spielt dabei eine wesentliche Rolle. „Bewußtsein bedeutet Gedächtnis“,¹ „es gibt keine Wahrnehmung, die nicht mit Erinnerungen vermengt wäre“,² sagt BERGSON; das geht so weit, daß „wahrnehmen schließlich nichts weiter

¹ BERGSON, *Introduction à la métaphysique*, Revue de métaphysique, XI, 1903, S. 5.

² Ders., *Matière et Mémoire*, Paris 1903, S. 20.

ist als eine Gelegenheit, sich zu erinnern“.¹ Dabei gehören übrigens diese Erinnerungen oft mehreren Sinnen an. So sind z. B. bei den Sehenden die räumlichen Wahrnehmungen immer aus Erinnerungen an Gesichts- und Tastempfindungen zusammengesetzt, die sich gegenseitig hervorrufen. Immerhin ist es wichtig, sich klar zu machen, daß diese Erinnerungen grundverschieden sind von denen, die wir gewöhnlich mit diesem Namen bezeichnen, in dem Sinne, daß wir uns nicht bewußt sind, daß es sich um Erinnerungen handelt; vielmehr erscheinen sie uns als integrierende Teile der gegenwärtigen Empfindung, die sie hervorgerufen hat. Dieses Erwecken von Erinnerungen und ihre Synthese, ihre „Konkretion“, um uns eines besonders treffenden Ausdrucks zu bedienen, der von AMPÈRE herrührt,² finden so schnell, so momentan statt, daß es uns nur in gewissen Fällen durch sehr mühsame Analyse gelingt, diese Assoziationen zu entwirren und zu dem zu gelangen, was BERGSON „die unmittelbaren Gegebenheiten des Bewußtseins“ nennt. Ohne den Anspruch zu erheben, sehr tief in diese Frage einzudringen, wollen wir doch versuchen, an Hand einiger einfacher Zergliederungen von konkreten Fällen einige Punkte aufzuklären, die uns besonders interessieren.

Ich erblicke von weitem einen Baum. Ich sehe eine Menge von Einzelheiten (oder glaube, sie zu sehen, was hier auf dasselbe hinausläuft): Zweige, Blätter, Furchen der Rinde usw. Es ist nun ganz sicher, daß meine eigentliche Empfindung nichts weiter enthält als einige unscharfe Farbflecken und daß alles übrige mein Gedächtnis bewirkt.³ Um mich davon zu überzeugen, brauche ich nur eine Theaterdekoration oder ein impressionistisches Gemälde, die mir aus geeigneter Entfernung durchaus den Eindruck der Wirklichkeit gemacht haben aus der Nähe zu betrachten. Selbst die Farben, die den Gegenstand meiner unmittelbaren Empfindung bilden, sind sehr verschieden von denen, die ich wahrzu-

¹ A. a. O. S. 59.

² A. M. AMPÈRE, *Essai sur la philosophie des sciences*, Paris 1834—1843, Bd. I, S. 51.

³ Hierher gehören anscheinend auch die sehr interessanten psychologischen Beobachtungen über die sogenannte *Seelenblindheit* und *-taubheit*. Obwohl das Sinnesorgan gesund ist und der Kranke hört oder sieht, so ist doch das auditive oder visuelle Gedächtnis gestört, so daß er die ihm früher vertrauten Empfindungen nicht mehr wiedererkennt. Vgl. MACH, *Erkenntnis und Irrtum*, Leipzig.

nehmen glaube. Lange Zeit erweckten die Bilder der Impressionisten bei der großen Mehrheit des Publikums Ausrufe des Erstaunens oder gar Ausbrüche lauter Heiterkeit, und zwar sowohl bei den gebildeten Kunstliebhabern als bei der Menge und vor allem bei der Mehrheit der Maler selbst. Man fand es absurd, daß ein Wald von ferne violett aussehen sollte. Und dennoch ist für uns heute kein Zweifel, daß es sich wirklich so verhält; aber unser Gedächtnis verwandelt dieses Bild alsbald auf Grund der Erinnerung an denselben Wald, wie er in der Nähe aussieht; und nunmehr schwören wir, daß wir ihn grün sehen, und das besagt, daß wir ihn tatsächlich so sehen. Die Leistung des Impressionismus hat gerade darin bestanden, diese Umwandlungsarbeit teilweise wieder rückgängig zu machen und sich der unmittelbaren, flüchtigen Empfindung mehr anzunähern.

Wir wollen hierbei anmerken, daß die Erinnerung, die so rasch und wirksam in Aktion tritt, sehr häufig eine verallgemeinerte Erinnerung ist. Es ist durchaus nicht nötig, daß ich gerade den Baum oder den Wald, den ich von ferne betrachte, zuvor aus der Nähe gesehen habe; es genügt, daß es überhaupt ein Baum oder ein Wald ist, den mir bekannten nicht zu unähnlich, damit mein Gedächtnis bei den ersten unscharfen, aber charakteristischen Farbflecken, die ich bemerke, in Tätigkeit tritt; das kommt daher, daß ich weiß, daß ein Baum oder ein Wald sich von ferne so ausnehmen. Dieses Wissen habe ich offenbar durch Erfahrung erworben, es ist eine verallgemeinerte Erfahrung, m. a. W. ein Gesetz. Also wird meine Wahrnehmung nicht nur von dem beeinflußt, woran ich mich erinnere, sondern auch von der Art, wie ich es verallgemeinert habe, d. h. durch das, *was ich weiß*. Aber vielleicht empfiehlt es sich, diese Behauptung noch durch ein anderes Beispiel zu erläutern.

Ich befinde mich in einem Zuge, der hält. Durch das Fenster zur Linken sehe ich einen anderen gleichfalls haltenden Zug und durch das zur Rechten die Bahnhofsgebäude. Ich blicke nun nach links und habe in einem gegebenen Augenblick die deutliche Empfindung, daß mein Zug sich ohne Erschütterung in Bewegung gesetzt habe. Ich werfe einen Blick durch das rechte Fenster: die Bahnhofsgebäude rühren sich nicht. Sofort ändert sich meine Empfindung: mein Zug fährt nicht mehr; sehe ich nun wieder nach links, so ist es der andere Zug, der sich bewegt. Das kann auf einem Bahnhof

passieren, der mir völlig unbekannt ist und den ich zum ersten Male sehe, wenn ich zur Nachprüfung durch das rechte Fenster blicke. Das wird bei mir gar kein Zögern bewirken, meine Empfindung wird sich immer gleich schnell ändern; offenbar, weil ich auf den ersten Blick weiß, daß da ein Gebäude ist und daß Gebäude die Gewohnheit haben, auf dem Erdboden fest zu stehen, was gewiß eine verallgemeinerte Erfahrung darstellt. Aber es versteht sich von selbst, daß der Denkprozeß, von dem die Rede ist, nicht zu meiner Kenntnis gelangt; er ist genau wie die Tätigkeit des Gedächtnisses selbst völlig unbewußt und bildet einen integrierenden Teil dessen, was ich für meine Wahrnehmung halte.

Würden wir jetzt diesen Prozeß rückgängig machen und die Wahrnehmung alles dessen entkleiden, was das Gedächtnis hinzubringt, so würden wir offenbar letzten Endes zu aufeinanderfolgenden Bewußtseinszuständen kommen, die sich wohl auf verschiedene Sinne verteilen könnten, die aber kein Element enthalten, das nicht zu uns gehörte, — denn es sind ja unsere Bewußtseinszustände — und die noch keine Spur von jener Aufteilung in verschiedene Objekte aufweisen, die für die Gegebenheiten des gemeinen Menschenverstandes charakteristisch sind.

Woher kommt diese „Zerstückelung des Wirklichen“? BERGSON lehrt uns, daß sie den Anforderungen des praktischen Lebens zu Liebe erfolge,¹ und diese Behauptung ist gewiß richtig. Nichts ist für uns so wichtig wie die Fähigkeit, diese Bewußtseinszustände vorzusehen. Ich erkenne nämlich bald, daß sie ihrem Wesen nach in der Zeit veränderlich sind, was insbesondere besagt, daß sie Funktionen anderer Bewußtseinszustände sind, deren Periodizität ich voraussehe, wie z. B. die Wiederkehr des Tages und der Nacht oder die der Jahreszeiten. Ich habe übrigens das unmittelbare Gefühl, daß dieser Wechsel von meinem Willen unabhängig ist und daß, wenn ich nicht in der Lage bin, ihn vorzusehen, um darauf zu reagieren, die sich daraus ergebenden Bewußtseinszustände mir unangenehm sein werden. Um also Regeln aufstellen zu können, die mir diese Voraussicht ermöglichen, habe ich das größte Interesse daran, die Bewußtseinszustände in einzelne Empfindungen aufzuteilen, wo dann diejenigen, die einander gewöhnlich begleiten oder

¹ BERGSON, *Perception et Matière*, Revue de métaphysique, IV, 1896, S. 272. *Matière et mémoire*, S. 202.

folgen, sich assoziieren und sich vermöge des Gedächtnisses gegenseitig hervorrufen. So erweckt die Erscheinung eines weißen Fleckes von bestimmter Beschaffenheit in meinem Gesichtsfeld in mir den Glauben, daß es mir durch eine geeignete Kombination von Handlungen gelingen wird, mir die angenehme Empfindung zu verschaffen, die ich „Zuckergeschmack“ nenne.

Was ich so aufbaue, ist natürlich nur die Erscheinung, insofern sie ausschließlich mir angehört, sich einzig in meinem Bewußtsein abspielt. Nichts ist, so scheint es, vorhanden, was mir die Vorstellung von etwas außerhalb meines Ich nahelegen würde. Gewiß sind die Empfindungen unabhängig von meinem Willen; aber es sind doch immer *meine* Empfindungen; wie komme ich auf den Gedanken, daß es in ihnen einen Bestandteil geben soll, der nicht von mir herrührt? Dennoch machen wir fortwährend diese Annahme (X. Kap., S. 338 f.). Die Empfindung rot, die mir angehört, wird von mir in eine Eigenschaft eines äußeren Objektes verwandelt, indem ich behaupte: dieses Objekt ist rot. Ist das nicht ein unerklärlicher Sprung?

Gewiß hat es Philosophen gegeben, die gelegnet haben, daß hier ein Sprung vorliege. Nach ihrer Behauptung meint der gemeine Menschenverstand, wenn er die Existenz des Tisches und sein Rotsein behauptet, nichts, was außerhalb meines Bewußtseins wäre. Er sagt einfach voraus, daß ich unter gewissen Bedingungen den Komplex von Empfindungen erleben werde, den ich „Tisch“ und „rot“ nenne. Alles würde sich also danach auf Empfindungen oder auf die Möglichkeit von solchen beschränken. Man braucht aber nur einen beliebigen Menschen zu fragen, dessen Verstand noch nicht von „metaphysischen Zweifeln“ angekränkt ist, oder auch in das eigene Bewußtsein hinabzusteigen, um zu erkennen, wie sehr diese Erklärung mit der Wirklichkeit in Widerspruch steht. Die Weltansicht des gemeinen Menschenverstandes ist ganz gewiß eine Ontologie. Er behauptet klar das Dasein äußerer Objekte und ist weit entfernt von der Annahme, sie hingen von unserem Bewußtsein ab.

Ich behaupte also unbedenklich das Dasein von Gegenständen, von denen meine Empfindung nichts weiß. Von jenem Tisch, den ich nicht mehr wahrnehme, bin ich dennoch überzeugt, daß er noch immer *da ist*. Liegt das vielleicht daran, daß ich die Erinnerung an ihn bewahrt habe? Wie steht es aber mit dem Zimmer, in dem meine

Kindheit sich abgespielt hat, mit seinem einzigen Fenster, seinen bläulichen Wänden, den Vorhängen und meinem Kinderbett? Ich erinnere mich so genau an alles dies, daß ich nur die Augen zu schließen brauche, um es vor mir zu sehen. Und wie steht es mit jenem Freund, den ich vor wenigen Jahren verloren habe und der der bessere Teil meiner selbst war? Meine Gedanken brauchen sein geliebtes Bild nur von ferne zu streifen, und alsbald wird seine Gegenwart mir schmerzhaft deutlich, beinahe greifbar. Und doch bin ich überzeugt, daß alles dies zu existieren aufgehört hat, während andere Gegenstände, die gänzlich meinem Gedächtnis entschwunden sind oder von denen ich niemals eine unmittelbare Empfindung gehabt habe, mir doch zu existieren scheinen, sobald ich mir die Frage stelle. Es besteht also hier keine begleitende Veränderung und folglich auch keine wirkliche Beziehung.

Ebenso klar ist es anscheinend auch, daß die bloße Nützlichkeit nicht die gesuchte Erklärung liefern kann. Gewiß, sobald ich einmal den vollständigen Begriff von einer Außenwelt und von bewegten Gegenständen gebildet habe, wird er mir die Einteilung meiner Empfindungen und damit auch ihre Voraussicht außerordentlich erleichtern. Aber das Problem besteht darin, wie ich zu dem ersten Schritt komme, wie ich auf den Gedanken komme, daß auch nur die Möglichkeit besteht, eine Sache könnte außerhalb meiner, außerhalb meines Bewußtseins existieren; und wenn wir selbst annehmen, daß mir die Vorstellung von einem „Außen“ von anderswoher zufließt, wie komme ich dann auf den paradoxen Gedanken, meine eigenen Empfindungen, die unbestreitbar mir angehören, in diese Außenwelt zu verlegen?

Bemerken wir zunächst, daß die Außenwelt, wie der gemeine Menschenverstand sie sich vorstellt, auch wenn sie nicht von der unmittelbaren Empfindung allein abhängt, doch ganz und gar aus Elementen aufgebaut ist, die dieser Empfindung entlehnt sind. In diesem Sinne kann man mit Recht sagen, daß die Außenwelt ein Erzeugnis meines Gedächtnisses ist, und ebenso, daß sie die Möglichkeit von Empfindungen darstellt. Dieser Tisch, den ich nicht mehr wahrnehme, den nichts mit meiner gegenwärtigen Empfindung verknüpft, hat doch vor wenigen Augenblicken einen Bestandteil meines Bewußtseinszustandes gebildet; und von der Stadt Lucknow, in der ich niemals gewesen bin, stelle ich mir dennoch vor, daß sie existiert,

denn ich vergegenwärtige mir, daß ich dort angelangt, d. h. wenn ich eine bestimmte Reihe von Handlungen ausgeführt haben werde, mehr oder weniger bestimmte Empfindungen erleben werde, deren Bestandteile mir unzweideutig durch bereits gehabte Erlebnisse geliefert werden — denn auch sie können nicht auf anderem Wege in mich gelangen.

Einige Philosophen wollten den wirklichen Empfindungen die Erinnerungen an solche angleichen, sowie die Vorstellungen, die aus mehr oder weniger umgeformten Erinnerungen aufgebaut sind; sie behaupteten nämlich, daß zwischen diesen und jenen nur ein Gradunterschied bestände; die ersteren seien lebhaftere Bewußtseinszustände, die letzteren dagegen schwache. Aber diese Theorie ist sicher nicht haltbar. Sehe ich einen Tisch durch einen dichter und dichter werdenden Nebel oder in zunehmender Dunkelheit, oder zeigt man mir ein Lichtbild einer Ansicht von Lucknow, dessen Intensität immer mehr abnimmt, so würde ich doch diese Empfindungen in keinem Augenblick wirklich mit bloßen Vorstellungen verwechseln. Da m. a. W., wie SPIR sagt,¹ die aktuellen Empfindungen selbst durch alle Grade der Lebhaftigkeit von der Null bis zum Unerträglichen gehen, können wir nicht auf irgendeiner Stufe dieser Skala Empfindung und Erinnerung gleichsetzen. Freilich können wir Täuschungen erleben. Wir können träumen oder halluzinieren. Aber dann bin ich mir selbst bewußt, daß es sich um Tatsachen handelt, die nichts mit dem normalen Funktionieren meines Geistes gemein haben. — Der Fall ist etwas schwieriger, wenn ich annehme, daß ich mich einfach täusche. Ich glaube z. B. in der Dämmerung auf dem Felde einen Mann zu sehen, wo in Wirklichkeit nur ein Baumstumpf vorhanden ist. Sicher habe ich dann nämlich in einem gegebenen Augenblick den Mann *gesehen*, ich habe die wirkliche Empfindung gehabt; nun entsteht aber offenbar dieser Irrtum daraus, daß ich mich erinnere, früher Menschen gesehen zu haben, deren Silhouette diesem Baumstumpf ähnelte. Findet nun hier nicht eine Verwechslung zwischen einer Erinnerung und einer wirklichen Wahrnehmung statt? Keinesfalls! Jede gegenwärtige Wahrnehmung ist, wie wir gesehen haben, zum großen Teil aus Erinnerungen zusammengesetzt; aber diese unterscheiden sich von wirklichen Erinnerungen. Wohl werden wir bei einem derartigen

¹ SPIR, a. a. O. S. 31.

Irrtum sagen, daß die Erinnerung uns getäuscht hat, aber niemals werden wir sie einer wirklichen Erinnerung gleichsetzen.

Also besteht ein Gegenstand, dessen Dasein ich behaupte, ohne daß ich eine Empfindung von ihm hätte, aus meinen Empfindungen, aber aus solchen, die ich im Augenblick nicht erlebe. Ich behaupte also, genau genommen, die gegenwärtige Existenz von Empfindungen, die mir angehören und die ich dennoch nicht erlebe.

Diese Behauptung erscheint widerspruchsvoll, und sie ist es in der Tat. Die Behauptung der Existenz von Gegenständen, wenn diese meinen Sinnen nicht mehr erscheinen, stellt, wie HUME sagt, „eine *contradictio in adjecto*“ dar, denn sie setzt voraus, „daß die Sinne fortfahren zu wirken, auch wenn jede Art ihrer Tätigkeit aufgehört hat“.¹ Daher erklärt man meistens auch, um diesen Widerspruch zu verringern, daß wir nicht die Existenz der Empfindung selbst, sondern die ihrer *Ursache* behaupten. In diesem Sinne hat SCHOPENHAUER erklärt, daß die Materie durch und durch Kausalität sei,² und in demselben Sinne definiert HUXLEY sie als „einen Namen für die unbekannte und hypothetische Ursache unserer Bewußtseinszustände“.³ Hierbei müssen wir jedoch daran erinnern, daß Kausalität soviel heißt wie Identität: *causa aequat effectum*. Wenn wir behaupten, ein Gegenstand gehöre nicht zu unserer wirklichen Empfindung, sondern stelle nur die Möglichkeit von Empfindungen dar, so nehmen wir einfach unsere Zuflucht zu dem alten Kunstgriff, den wir immer dann anwenden, wenn die Identität offensichtlich versagt, wo wir sie besonders nötig haben: diese *Möglichkeit* einer Empfindung ist, wie es übrigens schon die Etymologie andeutet, ein Ding derselben Art wie die *potentielle Qualität* des ARISTOTELES⁴ oder die *potentielle* Energie der Physiker. Es ist etwas, was sich in keiner Weise kund gibt und folglich auch nicht existiert, dessen Dasein wir aber trotzdem anzunehmen genötigt sind, um unser Identitätsbedürfnis zu befriedigen, weil wir nämlich wissen, daß es sich kundgeben *kann* (vgl. S. 193 und 356).

¹ HUME, *A Treatise on Human nature*, London 1878, S. 479.

² SCHOPENHAUER, *Über die vierfache Wurzel* usw., *Werke*, Ausg. FRAUENSTADT, Leipzig 1877, S. 82; vgl. *Die Welt als Wille und Vorstellung*, Bd. I, S. 10.

³ HUXLEY, *Lay Sermons*, London 1887, S. 124.

⁴ „Denn vor allem von einem Ding, das der Möglichkeit nach besteht, kommt der wirkliche Körper.“ ARISTOTELES *De coelo*, III, 3.

Das Merkwürdigste an dieser Empfindungsmöglichkeit ist nämlich die Permanenz, die ich ihr zuschreibe und die meiner unmittelbaren Empfindung widerstreitet. „Dieser Gedanke von etwas, das sich von unseren flüchtigen Eindrücken durch das Merkmal unterscheidet, das KANT Beharrung nennt, das fest und identisch bleibt, wenn unsere Eindrücke wechseln, das besteht, ob wir es wissen oder nicht, und das immer quadratisch (oder von anderer Gestalt) ist, ob es uns quadratisch oder rund erscheint, das stellt unsere Vorstellung von einer äußeren Substanz dar“, sagt MILL.¹ OSTWALD, der von einem ganz anderen Gesichtspunkt ausgeht, kommt gleichfalls zu dem Ergebnis, daß das Wesentliche an einem durch ein Substantiv ausgedrückten Begriff (d. h. einem Begriff von einem Gegenstand) darin besteht, daß er etwas Dauerhaftes und von der Zeit Unabhängiges darstellt.²

Der Gang des unbewußten Schlußverfahrens, das wir hier annehmen, wäre also etwa folgender: ich habe einen Komplex von Empfindungen gehabt, den ich „roter Tisch“ nenne; ich weiß, daß diese Empfindungen wiederkehren können; um nun meinem Kausaltrieb zu genügen, nehme ich an, daß diese Empfindungen auch in der Zwischenzeit existieren. Da sie aber nach der Voraussetzung nicht in mir existieren, so müssen sie anderswo sein; es muß also ein „anderswo“ geben, ein Nicht-Ich, eine Welt außerhalb meines Bewußtseins.

Es läßt sich übrigens nicht bestreiten, daß wir eine unwiderstehliche Neigung haben, unsere Empfindungen zu hypostasieren, d. h. sie von uns loszulösen und ihnen ein Dasein außerhalb von uns zuzuschreiben. Wir haben im Laufe dieser Arbeit genügend Beispiele dafür gefunden. Denken wir etwa an LEIBNIZ' „Mühle“. Was zeigt uns diese Überlegung an? Sie beweist, daß die Empfindung etwas Unbegreifliches, Irrationales ist. Und was wäre nötig, damit sie begreiflich und rational würde? Dazu müßte Identität bestehen zwischen dem, was die Mühle hervorbringt, und dem, was sie empfängt, zwischen der Außenwelt und der Empfindung. Bei LEIBNIZ wird das Gehirn als ein Mechanismus aufgefaßt; bildet es doch einfach eine Fortsetzung der Außenwelt (IX. Kap., S. 319). Aber in Wirklichkeit besteht kein Zweifel, daß die Empfindung ursprünglicher

¹ J. S. MILL, *An Examination of Sir William Hamiltons Philosophy*. Zitiert nach der französischen Übersetzung von CAZELLES, Paris 1869, S. 214.

² OSTWALD, *Vorlesungen*, S. 40.

ist als die Außenwelt; denn deren Existenz ist ja nur erschlossen. Wenn also Identität bestehen soll, so deshalb, weil wir von den Empfindungen angenommen haben, daß sie wirklich existieren, daß sie (wenn man so sagen darf) außerhalb von uns spazieren gehen können. Das ist so wahr, daß wir nur mit größtem Widerstreben zugeben, daß die Überlegungen des Physikers und des Physiologen auf diesem Gebiete wirklich Geltung haben. Deswegen verlangt BERGSON (S. 308), daß das Licht (wohlverstanden: die *Lichtempfindung*) als ein Bestandteil der Elektrizität anerkannt werde und nicht umgekehrt. Ebenso stellt LOTZE fest, daß zu dieser Empfindung ein *Subjekt* nötig ist, weil, wie er scherzend sagt, ein Glanz, den niemand leuchten sähe, der Klang eines Tones, den niemand hörte, die Süßigkeit, die niemand kostete, ebenso unmöglich wären wie ein Zahnschmerz, den niemand hätte,¹ und er kommt so zu der Frage, ob nicht vielleicht die Dinge selbst die Empfindungen hätten, die sie uns verursachen. Das wäre in der Tat der vollständigste und folgerichtigste Ausdruck für die Hypostase der Empfindung, für ihren Bestand außerhalb von uns. Diese Annahme würde übrigens geradeswegs zu einer rein qualitativen Physik führen.

Wir müssen jedoch bemerken, daß der gemeine Menschenverstand nicht ganz so verfährt. Es waren zwar in der Tat Empfindungen, die zum Aufbau seines Weltbildes gedient haben, aber sie sind nicht ganz unverändert geblieben. Wenn es sich um den Schall und die Farbe handelt, so versteht es sich, daß das, was der gemeine Menschenverstand in die Außenwelt verlegt, einfach eine Hypostase der Empfindung ist. Die Lage ändert sich jedoch, wenn wir an die Vorstellung der Materie denken, die für die Außenwelt (man könnte auch gleichbedeutend *materielle* Welt sagen) die wichtigste ist. Die Materie ist keineswegs einfache Hypostase einer Empfindung; wäre sie es, so wäre sie wie die Farbe oder der Ton ein rein qualitativer Begriff; nun ist sie aber eine Quantität, oder wenigstens gestattet sie die Anwendung der Kategorie der Quantität. Die Materie ist eine zusammengesetzte Vorstellung, an deren Herausarbeitung alle unsere Sinne beteiligt sind, in erster Linie, wenigsten bei normalsinnigen Menschen, der Gesichts- und der Tastsinn. Wir haben keineswegs die Absicht, diesen Begriff aus der bloßen Empfindung vollständig herzuleiten; vielleicht ist das gar nicht möglich; denn es ist nicht recht sicher,

¹ LOTZE, *Metaphysik*, Leipzig 1879, S. 506—507.

daß der Begriff der Materie, der ja innig mit dem des Raumes zusammenhängt, nicht auch rein apriorische Elemente enthält, die auf der Organisation unserer Vernunft selbst beruhen. Aber die Zergliederung, die wir früher (S. 360) vorgenommen haben, zeigt nach unserer Ansicht deutlich, daß zwischen dem Begriff der materiellen Größe und unseren entsprechenden qualitativen Empfindungen eine ähnliche Beziehung besteht wie zwischen den Lichtwellen und der Farbempfindung oder den Schallwellen und der Schallempfindung.

Wir wollen die Frage als nicht zu unserem Thema gehörig ganz beiseite lassen, wie dieses Bild der Außenwelt, das sich aus unserer Empfindung oder, um mit SCHOPENHAUER zu sprechen, aus unserer Vorstellung ergibt, mit dem zusammenhängt, das wir aus unserem Willen ableiten können. Selbst wenn man annimmt, daß das letztere das ursprüngliche sei und daß unsere Vorstellung vom Nicht-Ich ursprünglich auf der Annahme eines Willens beruhe, der unserem eigenen fremd ist, oder wenn man irgendeine andere metaphysische Hypothese über den ersten Ursprung der Vorstellung vom Nicht-Ich für richtig hält, so bleibt doch unser Beweis in seinen wesentlichen Zügen bestehen. Man braucht nämlich nur zuzugeben, daß der gemeine Menschenverstand die Vorstellung eines gegenwärtigen Objekts mit Hilfe von hypostasierten, mehr oder weniger umgeformten Empfindungen bildet und daß folglich die Vorstellung von einem abwesenden Gegenstand aus den gleichen Empfindungen aufgebaut ist, denen man Beständigkeit zuschreibt.

Es erweist sich dann als evident, daß der gemeine Menschenverstand bei der Bildung dieser Begriffe von äußeren Gegenständen keine anderen Regeln befolgt als diejenigen, die wir bei der Untersuchung des Verfahrens der Wissenschaft aufgefunden hatten. Auch hier macht sich das Kausalprinzip geltend, das Streben, aus dem Bedürfnis nach Erklärung alle Dinge ohne Veränderung beharren zu sehen; auch wird zur Befriedigung dieses Bedürfnisses dasselbe Verfahren einer Ersetzung der qualitativen Empfindung durch eine quantitative Ursache angewandt.¹

¹ Wir glauben, daß das mehr oder weniger bewußte, aber sehr lebhafte Gefühl für diese Analogie den Behauptungen zugrunde liegt, daß die Wissenschaft eine Weiterentwicklung des gemeinen Menschenverstandes sei. Wir wollen in diesem Zusammenhang vor allem die Erklärung erwähnen, mit der PAINLEVÉ seine Arbeit über das Trägheitsprinzip schließt: „Wenn die Aus-

Da nun natürlich der Ausgangspunkt nur unsere Empfindung sein kann, so besteht das erste System, das wir annehmen, in einer möglichst geringen Umformung dieser Empfindungen, d. h., daß wir sie möglichst so, wie sie sind, hypostasieren. Das so entstehende Weltbild ist das des gemeinen Menschenverstandes.

Der Ausdruck ist übrigens sehr gut gewählt. Dieses Weltbild vereinfacht nämlich unsere Beziehungen zu unseresgleichen. Unter diesem Gesichtspunkt kommt es wenig darauf an, ob unsere Vorstellungen den Dingen mehr oder weniger angemessen sind; da die Irrtümer bei den anderen Menschen die gleichen sind, so eliminieren sie sich, wenn wir mit ihnen verkehren. „Zwischen den Menschen ist nichts gleich, nichts ähnlich außer den Namen der Dinge“, sagt EURIPIDES,¹ und D'ALEMBERT fragt sich in der Vorrede zur Enzyklopädie, „ob nicht dieser gegenseitige Verkehr (zwischen den Menschen) zusammen mit der Ähnlichkeit, die wir zwischen unseren Empfindungen und denen von unseresgleichen bemerken, viel dazu beiträgt, die unüberwindliche Neigung zu erzeugen, die wir verspüren, die Existenz von allen Gegenständen anzunehmen, die uns in die Augen fallen“.² Ohne ganz so weit zu gehen wie D'ALEMBERT — denn wir nehmen an, daß die Vorstellung von einem Gegenstand auch noch auf andere Weise zustande kommt — müssen wir doch zugeben, daß die Zustimmung der anderen und die Nützlichkeit des Verkehrs unsere Neigung bestärkt.

Indessen leistet uns das System auch große Dienste bei unseren Beziehungen zu den Dingen. Es gibt wirklich, wie MACH es nach

sage, daß die Erde sich dreht, eine Übereinkunft darstellt, so ist es ebenso eine Übereinkunft, wenn man sagt, daß sie existiert, und diese beiden Übereinkünfte lassen sich mit genau denselben Gründen rechtfertigen“ (Bulletin de la Société de philosophie, 5. Jahrg., 1905, S. 50). Wir wollen jedoch hinzufügen, daß nach PAINLEVÉ beide Übereinkünfte einzig und allein aus dem entspringen, was er das „Prinzip der Kausalität“ nennt und was weiter nichts ist als die Überzeugung, daß die Naturgesetze sich in Zeit und Raum nicht ändern (vgl. auch a. a. O. S. 31 f.); es ist das also die Aussage, die wir als Prinzip der *Gesetzmäßigkeit* bezeichnet haben. — HERMANN COHEN (*Logik der reinen Erkenntnis*, Berlin 1902, S. 379) fährt fort, nachdem er die Materie und den Äther für gleichwertige Hypothesen erklärt hat: „Es ist das Vorurteil der Empfindung, welches die Materie weniger als Hypothese erscheinen läßt.“

¹ EURIPIDES, *Phoenissen*, Ausg. FIX, Paris 1855, S. 84.

² D'ALEMBERT, *Discours préliminaire à l'Encyclopédie*, S. 21. — Eine ähnliche Theorie über die Rolle, die das soziale Element bei der Entstehung des Weltbildes des gemeinen Verstandes spielt, ist kürzlich von LALANDE aufgestellt worden (*La Dissolution*, Paris 1899, S. 175, u. Bulletin de la Société française de philosophie, 3. Jahrg., 1903, S. 58 f.).

MILL¹ ausdrückt, „Gruppen von Empfindungen“,² die zwar nicht absolut unveränderlich sind, sich aber doch so wenig und so langsam ändern, daß wir mit großem Vorteil annehmen, daß sie im Raum und in der Zeit beharren d. h. daß es *Gegenstände* sind. Ähnlich drückt sich POINCARÉ aus, wenn er die Gegenstände als Komplexe von Empfindungen bezeichnet, die „miteinander durch irgendeinen unzerstörbaren Kitt und nicht durch den Zufall des Tages verbunden sind“.³

OSTWALD, dessen Theorie, wie wir gesehen haben, die Tendenz hat, den Begriff der Materie ganz und gar auszuschalten, erklärt, daß nur wenn verschiedene Formen von Energie in einem und demselben Raume vereinigt sind, sie auf unsere Sinne und Instrumente wirken, dagegen könnte eine allein auftretende Energie weder die einen noch die anderen affizieren.⁴ Um eine solche Behauptung zu begründen, würde es zweifellos sehr schlagender Beweise bedürfen. Sicher ist, daß unsere Empfindungen so aufeinander folgen, daß diese Welt von *Gegenständen* möglich wird. Es ist auch sicher, daß, wenn diese Welt, wie wir gesagt haben, erst einmal konstituiert ist, die Voraussicht dadurch erleichtert wird. M. a. W.: die Vorstellungen, die durch das Kausalprinzip (oder, wenn man will, mit seiner Hilfe) geschaffen werden, begünstigen die Anwendung des Prinzips der Gesetzmäßigkeit im Gebiete des gemeinen Menschenverstandes gerade so wie in dem der Wissenschaft. Da auf der anderen Seite die verallgemeinerte Erfahrung, d. h. die Gesetzmäßigkeit, zur Bildung der Wirklichkeit des gemeinen Menschenverstandes beiträgt, so ergibt sich daraus, daß vom Anbeginn unseres Denkens an die beiden Prinzipien der Kausalität und der Gesetzmäßigkeit einander in die Hände arbeiten und daß ihre Wirkungen sich in unentwirrbarer Weise miteinander verschränken, genau wie später in der Wissenschaft.

Da es sich jedoch in der Wissenschaft um unsere Beziehungen zu den Dingen handelt, so eliminieren die Irrtümer sich nicht mehr, sobald wir unsere Untersuchungen etwas weiter treiben; die Welt des gemeinen Menschenverstandes erscheint uns dann sofort als das, was

¹ J. S. MILL, *An Examination of Sir William Hamiltons Philosophy*. Paris 1869, S. 216.

² E. MACH, *Die ökonomische Natur der physikalischen Forschung*, Almanach der Akademie der Wissenschaften, Wien, 1882, S. 307.

³ H. POINCARÉ, *La valeur de la science*, S. 270.

⁴ OSTWALD, *Vorlesungen*, Leipzig 1902, S. 181.

sie in Wirklichkeit ist, nämlich als ein erster und sehr roher Entwurf eines naturwissenschaftlich-metaphysischen Systems. Sowie wir nämlich die ersten Schritte machen, sind wir genötigt, die Annahme fallen zu lassen, daß die Dinge das sind, als was sie uns erscheinen; und sobald wir diese erste Konzession gemacht haben, werden wir sofort und unwiderstehlich weitergetrieben, bis zur vollständigen Auflösung dieser Ansicht, die uns zuerst so sicher schien. Ich habe hier einen Stock. Ich sehe sein Ebenbild im Spiegel, ohne zu glauben, daß dieses ein wirklicher Stock sei. Ich tauche ihn in Wasser und er erscheint gebrochen, aber sofort „richtet meine Vernunft ihn wieder gerade“, nach dem ausgezeichneten Ausdruck LA FONTAINES. Nun kann aber meine Vernunft das nicht anders als durch Überlegung fertig bringen. Ich werde also dazu geführt, von Spiegelung und Brechung, von Lichtstrahlen und von Wellen zu sprechen. Das Licht wird zu einer Bewegung, der Stock löst sich auf in einen Nebelfleck von Atomen, und dieselbe Überlegung, die ihn gerade machte, als er ins Wasser getaucht war, zwingt mich sodann zu behaupten, daß seine Materie oder Substanz weiter besteht, wenn ich ihn verbrenne.

Hier ist vor allem zu bemerken, daß dasselbe Verfahren, das dazu gedient hat, das Weltbild des gemeinen Menschenverstandes aufzubauen, auch dazu dient, es zu zerstören. Der *Kausalismus* — wenn wir diesen Ausdruck gebrauchen dürfen — ist kein Vorrecht des Naturforschers. Er ist allen Menschen eigentümlich. Es würde nichts nützen, wenn man versuchte, diese „Ontologie“ auszuschalten. HERTZ hat dies klar erkannt, als er erklärte, daß „jeder denkende Geist als solcher Bedürfnisse hat, welche der Naturforscher metaphysische zu nennen gewohnt ist“, und wenn er daraus den Schluß zog, daß „kein Bedenken, welches überhaupt Eindruck auf unseren Geist macht, dadurch erledigt werden kann, daß es als metaphysisch bezeichnet wird“¹. So vollzieht sich diese Auflösung der Wirklichkeit in zugleich unwiderstehlicher und unmerklicher Weise. Der gemeine Menschenverstand ist weiter nichts als eine mehr oder weniger künstliche Haltestelle auf einer dauernd abschüssigen Bahn. Von dem Augenblick an, wo der Stock für mich nicht mehr eine reine Gesichtsempfindung ist, welche die Möglichkeit einer Tastempfindung hervorruft, gibt es für mich keinen Halt mehr, ich werde von Versuch

¹ HERTZ, *Gesammelte Werke*, Leipzig 1894, Bd. III, S. 28.

zu Versuch und von Schluß zu Schluß getrieben, bis der Stock sich ganz im Äther auflöst.

Eine andere ebenso künstliche Haltestelle auf dieser Bahn stellt die Mechanistik dar. Sie ist eine sehr viel vollkommenere Weltansicht als die des gemeinen Menschenverstandes, sie weist auch eine größere Übereinstimmung mit der Wirklichkeit auf und ist deshalb geeignet, uns eine sehr viel größere Summe von Beziehungen zu enthüllen. Übrigens gleicht die Mechanistik auch darin dem gemeinen Menschenverstande, daß sie sich als ein Mittel zur Erleichterung des Verkehrs erweist, indemsienämlich, wie *RENOUVIER* ausgezeichnet gefühlt hat,¹ den Gegenstand der Sinne auf die abstraktesten Elemente zurückführt wie Bewegung, Widerstand, Undurchdringlichkeit, Begriffe, die zwar sicherlich schlecht definiert sind, die aber nichtsdestoweniger von allen Menschen in ungefähr gleicher Weise aufgefaßt werden; die Mechanistik wird so zu einer Art von „wissenschaftlichem Gemeinverstand“.

Aber es versteht sich von selbst, daß die Mechanistik, die ja ein sehr viel fortgeschritteneres Produkt unseres Denkens ist, sich auch dadurch als viel folgerichtiger als der gemeine Menschenverstand erweist, weil sie differenzierter ist. Infolgedessen stellt sie einen schärferen Ausdruck für unsere Neigung dar, die Erhaltung der Dinge in der Zeit vorauszusetzen, und steht dadurch in einem gewissen Gegensatz zu dem Komplex von Vorstellungen, die sich aus dem Carnotschen Prinzip ergeben und in denen die Variation in der Zeit behauptet wird. Im gemeinen Menschenverstande dagegen durchdringen sich diese beiden Tendenzen vollkommen. Denke ich z. B. an ein mir bekanntes lebendes Wesen, etwa ein Kind oder einen Hund, so bildet die Vorstellung von der Veränderung, die es in der Zeit durchmachen wird, einen integrierenden Teil meines Begriffes von diesem äußeren Gegenstand. Und bis zu einem gewissen Grade verhält es sich ebenso mit den leblosen Gegenständen, bei denen die zeitlichen Änderungen uns aufgefallen sind, z. B. bei einem Gebäude oder einem Gemälde; wir sehen deren *Altern* voraus, und ihre absolute Erhaltung, wenn wir sie nach vielen Jahren vollständig unverändert wiedersehen, erscheint uns als eine abnorme Tatsache; deshalb kann es zu Verwirrung Anlaß geben, wenn man sich bei naturwissenschaftlichen Theorien auf Vorstellungen des gemeinen Menschenverstandes beruft. Und das

¹ *RENOUVIER, Critique philosophique, IX, S. 349.*

ist die eigentliche Quelle des fundamentalen Irrtums, den wir bei HELMHOLTZ und bei HERTZ festgestellt haben und der darin bestand, daß die Eigenschaften der Körper vollkommen mit Gesetzen identifiziert wurden. Freilich erscheinen diese, wie wir hervor gehoben haben, auf den ersten Blick als bloße genauere Übersetzungen von jenen. Sehen wir aber näher zu, so erkennen wir, daß wir bei der Bildung des Eigenschaftsbegriffs gerade die Möglichkeit der zeitlichen Veränderung mit aufgenommen haben, die auf den Begriff des Gesetzes nicht anwendbar ist.

Was wir hier über die Entstehung der Vorstellungen des gemeinen Menschenverstandes ausgeführt haben, läßt uns noch besser die Vergeblichkeit der Versuche verstehen, die Kausalität aus der Naturwissenschaft zu verbannen. Von welchem Punkte sollte eine Wissenschaft ausgehen, die sich streng nach der Vorschrift von COMTE und MACH richtet, d. h. die nur das Prinzip der Gesetzmäßigkeit anerkennt und, um mit RENOUVIER zu sprechen, zugunsten eines absoluten Phänomenalismus auf alle substantialistischen Vorstellungen verzichtet? Offenbar müßte man von den Empfindungen ausgehen, denn, wie MACH selbst sagt, „nicht die Dinge (Körper), sondern Farben, Töne, Drucke, Räume, Zeiten (was wir gewöhnlich Empfindungen nennen) sind eigentliche Elemente der Welt“.¹ Eigentlich müßte man noch einen Schritt weitergehen und das zum Ausgangspunkt nehmen, was BERGSON als „unmittelbare Gegebenheiten des Bewußtseins“ festgestellt hat. Verfährt nun die Naturwissenschaft in dieser Weise? Keineswegs. Sie läßt diese Seite des Problems zunächst einmal ganz beiseite; wenn sie sie erwähnt, so nur um die Lösung einem ihrer Zweige zu überlassen, der sich am spätesten entwickelt hat und am kompliziertesten ist, nämlich der Physiologie; manchmal auch um sie für metaphysisch zu erklären und ganz beiseite zu schieben. Der wirkliche Ausgangspunkt der Naturwissenschaft besteht vielmehr ausschließlich in den Gegebenheiten des gemeinen Menschenverstandes. Das kann man leicht feststellen, und hervorragende Naturforscher haben es übrigens ausdrücklich erklärt. DUHEM meint, daß „unsere höchsten naturwissenschaftlichen Erkenntnisse letzten Endes keine andere Grundlage haben als die Gegebenheiten des gemeinen Menschenverstandes“.² Und MACH bemerkt, daß „der

¹ E. MACH, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*, Leipzig 1904, S. 523.

² DUHEM, *L'évolution de la mécanique*, S. 179.

Naturforscher für den Handgebrauch die rohesten Substanzvorstellungen nicht entbehren kann“.¹

In der Tat fängt der Physiker damit an, daß er so blind wie irgend ein Mensch an die Vorstellungen des gemeinen Menschenverstandes glaubt. In der Folge modifiziert er sie, aber in welcher Weise? Nur indem er von einer Wirklichkeit zur anderen weiter geht. Wenn er den Stock in einen Nebelfleck von Atomen aufgelöst hat oder, wenn man will, sogar von Elektronen, so sind diese Atome oder Elektronen für ihn ebenso *wirklich*, wie es der Stock war; er hat nämlich stets nur ein Substantiv auf ein anderes, einen Gegenstand auf einen anderen zurückgeführt. Wenn es sich nicht gerade um „Beobachtungsfehler“ oder um solche Vorgänge handelt, die ausdrücklich als „subjektiv“ bezeichnet werden, spielt in den Überlegungen des Physikers das *Subjekt* gar keine Rolle. In keinem Augenblick wird er bei seinen Deduktionen ein Objekt durch etwas offensichtlich Irreales ersetzen.² „Fragt eure Phantasie“, ruft TYNDALL bei der Besprechung der Hypothesen über die Natur des Lichtes aus, „ob sie die Vorstellung einer schwingenden multiplen Proportion akzeptiert!“³ und HARTMANN meint, daß nur die Insassen einer Irrenanstalt versuchen könnten, physikalische Erklärungen mit Hilfe von wissentlich irrealen Begriffen zu geben.⁴

Aber diese Frage ist so wichtig, es erscheint uns so wesentlich, daß im Geiste des Lesers kein Zweifel in dieser Hinsicht zurückbleibt, daß man uns erlauben wird, etwas länger dabei zu verweilen. In bewunderungswürdiger Weise hat DUHEM diesen Gegenstand dargestellt, und wenn wir den Ansichten dieses Forschers auch nicht immer zustimmen können, so wird uns seine Analyse doch dauernd behilflich sein.

Folgendermaßen beschreibt DUHEM ein physikalisches Experiment: „Tretet in eine Laboratorium ein; kommt an diesen Tisch,

¹ MACH, *Die Prinzipien der Wärmelehre*, Leipzig 1896, S. 429.

² Die Auffassung, die wir im Text entwickeln, erscheint als das genaue Gegenteil der Meinung SPIRS, nach der die Naturwissenschaft von einer Veränderung zu einer anderen Veränderung fortschreitet, ohne jemals zu einem wirklichen Objekt zu kommen (a. a. O. S. 94). Indessen scheint der Gegensatz mehr in den Ausdrücken als in dem wahren Inhalt der beiden Behauptungen zu liegen. Sicher ist aber SPIR von der Verwechslung beeinflusst worden, die er in bezug auf Gesetzmäßigkeit und Kausalität begeht.

³ TYNDALL, *Fragments of Science*, London 1871, S. 136.

⁴ E. v. HARTMANN, *Das Grundproblem der Erkenntnistheorie*, 2. Aufl., Leipzig 1914, S. 48.

auf dem eine Menge Apparate stehen, eine Voltasche Säule, mit Seide umwickelte Kupferdrähte, Näpfe voll Quecksilber, Spulen, ein Eisenstab, an dem ein Spiegel befestigt ist. Ein Beobachter steckt den metallischen Stiel eines Stöpsels, dessen Kopf aus Hartgummi besteht, in kleine Löcher; der Eisenstab gerät in Schwingung und wirft mittels des auf ihm befestigten Spiegels auf ein Celluloidlineal einen Lichtstreifen, dessen Bewegungen der Beobachter verfolgt. Ohne Zweifel haben wir hier ein Experiment vor uns; mit Hilfe des hin und hergehenden Lichtstreifens beobachtet unser Physiker genau die Schwingungen des Eisenstabes. Fragt ihn nun, was er tut! Wird er antworten: ich studiere die Schwingungen des Eisenstabes, auf dem dieser Spiegel befestigt ist? Nein. Er wird antworten, daß er den elektrischen Widerstand einer Spule mißt. Wenn wir uns darüber wundern, wenn wir ihn fragen, welchen Sinn diese Worte haben und in welcher Beziehung sie zu den von ihm festgestellten Vorgängen stehen, die wir mit ihm zugleich gesehen haben, so wird er antworten, daß unsere Frage allzu lange Erklärungen erfordern würde, und wird uns empfehlen, Vorlesungen über Elektrizität zu hören“.¹ Wer auch nur die geringste Kenntnis von physikalischen Untersuchungen hat, erkennt sofort, daß diese peinlich genaue Beschreibung einen ganz allgemeinen Fall kennzeichnet. Nicht nur die elektrischen Versuche, sondern so ziemlich alle physikalischen Versuche, die in einem heutigen Laboratorium ausgeführt werden, sind von diesem Typ. Alle würden sie für jemand, der mit dem betreffenden Gebiet der Physik nicht vertraut ist, ein Buch mit sieben Siegeln bleiben, so große Mühe er sich auch geben mag, ihnen zu folgen.¹ DUHEM beweist sehr streng, daß allein die theoretische Deutung, die der Physiker an den Vorgängen vornimmt, den Gebrauch der Instrumente ermöglicht.² Er schließt daraus, daß sich zwischen die wirklich konstatierten Erscheinungen und das von dem Physiker formulierte Ergebnis eine sehr komplizierte Denkarbeit einschiebt.³ Kurz „ein physikalischer Versuch ist nicht einfach die Beobachtung eines Vorganges, sondern es gehört außerdem dessen theoretische Deutung dazu“,⁴ und da es unmöglich ist, ohne die Sprache der Theorie zu benutzen, auch nur ein physikalisches Experiment zu beschreiben⁵, „schließt die Aussage über

¹ DUHEM, *La théorie physique*, Paris 1906, S. 234-235.

² A. a. O. S. 248. - ³ A. a. O. S. 247. - ⁴ A. a. O. S. 233. - ⁵ A. a. O. S. 266-277.

das Ergebnis eines Experiments im allgemeinen einen Akt des Glaubens an einen ganzen Komplex von Theorien ein“.¹

Für DUHEM zeigen diese Überlegungen, daß zwischen den wissenschaftlichen Tatsachen eines ganzen Gebietes der Physik und sogar verschiedener Gebiete ein enger Zusammenhang besteht. Wir glauben, daß sie außerdem beweisen, wie stark der Physiker an der Vorstellung des *Dinges* festhält. Was ist denn das, was der Elektriker bei seinem Versuch studiert? Er untersucht, kurz gesagt, einen elektrischen Strom; für ihn sind der Strom und der „Widerstand“, den die Spule ihm entgegensetzt, etwas durchaus *Wirkliches*. Der Mann, der nichts von Physik weiß und jenem bei seinem Versuch zusieht, versteht ihn nicht. Für ihn besteht der Vorgang einfach darin, daß der Eisenstab, der Spiegel usw., lauter *Gegenstände* des gemeinen Menschenverstandes, Bewegungen ausführen: da er aber nichts von Elektrizitätslehre weiß, kann er den *Gegenstand* nicht wahrnehmen, den der Physiker in Wahrheit allein beobachtet: den elektrischen Strom. Man erkennt daran, warum es unmöglich ist, dieses Experiment zu beschreiben, ohne die Hypothese zu verwenden. Es bezieht sich nämlich auf eine Sache, die erst durch die Hypothese geschaffen worden ist, und natürlich wird die Aussage, wenn man sie formuliert, den Glauben an eine Theorie voraussetzen; denn sie bezieht sich auf den Gegenstand, dessen Existenz von der betreffenden Hypothese oder sogar von einem ganzen Komplex von solchen gesetzt wird.

Man wird nun vielleicht einwenden, daß die Theorie gar nicht wirklich die Existenz dieser Gegenstände behauptet, sondern daß es sich einfach um abgekürzte Ausdrücke für gewisse Komplexe von Erscheinungen handelt. Wir haben aber früher (I. Kap., S. 47f.) gesehen, daß die ganze Haltung der Naturwissenschaft einer derartigen Annahme widerspricht. Wir wollen übrigens darauf hinweisen, daß diese Annahme derjenigen ganz analog ist, die die Philosophen gemacht haben, um zu bestreiten, daß der gemeine Menschenverstand die Existenz von irgend etwas außerhalb des Bewußtseins behauptet (S. 376). Der elektrische Strom wäre also wiederum „eine permanente Empfindungsmöglichkeit“. Aber diese Ansicht ist

¹ A. a. O. S. 300; LAVOISIER stellte bereits fest, daß es „unmöglich ist, die Terminologie von der Wissenschaft und die Wissenschaft von der Terminologie zu trennen“ (*Traité élémentaire de chimie, Oeuvres*, Paris 1864, Bd. I, S. 2). LAVOISIERS Terminologie ist offenbar der Ausdruck einer Theorie.

hier nicht weniger unzureichend als bei den Gegenständen des gemeinen Menschenverstandes; in diesem Falle würde man dem tiefsten Gefühl des Physikers ebenso Gewalt antun wie vorher dem des naiven Menschen. Wir wollen das Galvanometer durch einen Schirm verdecken und einen Elektriker fragen, ob der Strom fließt. Er wird vielleicht meinen, wir fragten uns, ob nicht versehentlich ein Unterbrecher umgeschaltet worden sei, und wird das feststellen; aber er könnte auch Zweifel hegen über das Funktionieren seiner Elemente, und in diesem Falle würde er das Galvanometer zu sehen verlangen. Beharren wir nun bei unserer Frage und erklären ihm, daß wir wissen möchten, ob er auf Grund der bloßen Tatsache, daß er das Galvanometer nicht sehen kann, glaube, daß der Strom zu fließen aufgehört hat. Ist der Mann, mit dem wir sprechen, frei von jeder philosophischen Bildung, ist er vor dem „metaphysischen Zweifel“ bewahrt geblieben und haben wir ihm den Sinn unserer Frage hinreichend verständlich gemacht (was nicht leicht sein wird, so seltsam wird sie ihm vorkommen), nun so wird er, falls er ehrlich ist, uns ins Gesicht lachen. Der Zweifel wird ihm in diesem Falle ebenso unberechtigt erscheinen, wie wenn wir ihn fragten, ob er an der Existenz seiner Frau oder seiner Werkstatt zweifle, und zwar aus keinem anderen Grunde, als weil er beide im Augenblick nicht sieht. Offenbar entspringt sein Glauben an die beiden Arten von *Gegenständen* aus derselben Quelle. Und auch der Naturforscher, der dem philosophischen Zweifel zugänglich ist, glaubt, wenn er in seinem Laboratorium mit dem Strom hantiert und solange er das tut, an ihn mit einem Glauben „worauf man Häuser bauen kann“, wie der Volksmund sagt. Er ist genötigt, daran zu glauben, sich der „allerrohesten Substanzvorstellungen“ zu bedienen, um mit *MACH* zu sprechen. Sicher ist sein Glaube nicht absolut und vor allem nicht unwandelbar; aber das gilt auch für die Überzeugungen des gemeinen Menschenverstandes, die er aufgibt, wenn er sich metaphysischen Spekulationen hingibt, und die er wieder aufnimmt, sobald er ins tägliche Leben zurückkehrt. Die Physiker haben zu allen Zeiten so sehr an den Strom geglaubt, haben ihn geradezu *gesehen*, daß sie ihn schließlich „materialisiert“ haben, etwa so wie ein spiritistisches Medium angeblich seine Gedanken materialisiert. Wer daran zweifeln sollte, daß der elektrische Strom tatsächlich ein wirklicher Gegenstand ist, der braucht nur an die

allerneuesten Theorien zu denken; hier besteht er aus einem wirklichen Strömen von Elektronen, wobei übrigens nicht daran zu zweifeln ist, daß diese letzteren als wirklich angesehen werden; da ja aus ihnen die Materie bestehen soll und sie folglich die Quelle aller Wirklichkeit bilden sollen.

Um unsere Überzeugung in dieser Hinsicht noch mehr zu befestigen, genügt es übrigens, sich zu vergegenwärtigen, ein wie allgemeines Verfahren in der Physik dieses Schaffen von *Gegenständen* darstellt. So werden z. B. die Entdeckungen, die wir mit Hilfe von Beobachtungsinstrumenten wie Mikroskop oder Fernrohr machen, ganz selbstverständlich in dieser Form ausgedrückt. Das gilt in so hohem Grade, die Analogie, von der wir soeben sprachen, ist eine so vollständige, daß es wahrscheinlich ziemlich schwer fallen würde, einem Biologen, der gewohnt ist, die Entwicklung eines speziellen Mikro-Organismus unter dem Mikroskop zu verfolgen, klar zu machen, daß dieser Organismus nicht in demselben Sinne absolut *wirklich* ist wie irgendein mit bloßem Auge sichtbares Tier. Nun bildet sicherlich der *consensus omnium*, die allgemeine Übereinstimmung der ungeheuren Mehrheit der Menschen in bezug auf die Existenz der wirklichen Welt einen wesentlichen Bestandteil des gemeinen Menschenverstandes; die Mikrobe dagegen ist ohne Zweifel einem großen Teil der Menschheit gänzlich unbekannt, und die meisten, die an ihre Existenz glauben, tun das nur im Vertrauen auf die Naturforscher. Man könnte allerdings einwenden, daß z. B. irgend ein seltenes Tier, etwa das *Okapi*, bis zum heutigen Tage ja auch nur von einer kleinen Zahl bevorzugter Personen gesehen worden ist; aber der Fall liegt doch im Grunde hier ganz anders. Um sich davon zu überzeugen, braucht man nur einmal einen Menschen zu beobachten, dem zum erstenmal unter dem Mikroskop die wimmelnde Welt eines Tropfens fauligen Wassers gezeigt wird. Offenbar kommen ihm, sobald sein Auge sich vom Mikroskop gelöst hat, Zweifel über die *Realität* des Bildes, das er soeben erblickt hat; er fragt sich, ob das dasselbe Tröpfchen ist, das er jetzt mit bloßem Auge sieht und das anscheinend keine Spuren organischen Lebens aufweist, und ob nicht das Instrument ihn getäuscht oder ihm irgendein Zauberkunststück vorgeführt hat. Bekanntlich wurden übrigens diese Zweifel beim ersten Aufkommen mikroskopischer oder teleskopischer Untersuchungen von sehr vielen

hervorragenden Köpfen geteilt. Noch COMTE hat gegen diese Beobachtungen Einspruch erheben zu sollen geglaubt.¹

Man kann aber noch auf einem direkteren Wege und deshalb in schlüssigerer Weise zeigen, daß in der Tat die *Realität* bei den Gegenständen der beiden Arten, nämlich den mit bloßem Auge gesehenen und den unter dem Mikroskop wahrgenommenen, nicht von ganz gleichem Range ist. Wir haben oben (S. 317f.) von der Theorie des „Primats des Tastsinns“ gesprochen und die Gründe auseinander-gesetzt, aus denen wir diese Theorie für unannehmbar halten. In-dessen scheint es uns unleugbar, daß in allem, was den Raum und die Raumerfüllung betrifft, die Tastempfindung und die Erinnerung an sie eine hervorragende Rolle spielt. Nun ist es aber ausgeschlossen, eine Mikrobe zu berühren; sie ist viel zu klein, als daß ihre Formen auf die Enden unserer Tastnerven einen Eindruck machen könnten. Wenn wir an diesen Organismus und den von ihm erfüllten Raum denken, so stellen wir uns als Subjekt der Empfindung sozusagen ein winziges Wesen vor, das aber ähnliche Sinne wie wir besitzt. Diesem Wesen würde die Mikrobe wirklich als einen Raum erfüllend erscheinen. Für es wäre sie in demselben Grade *wirklich* wie für uns die Säugetiere. Das trifft in so hohem Maße zu, daß der Forscher in Gefahr kommt, die wirkliche Größenordnung der Bilder zu vergessen, die er betrachtet, und sie einfach in die Welt der mit bloßem Auge wahrnehmbaren Größen zu versetzen; wie kürzlich ein hervorragender Histologe festgestellt hat, kann das eigentümliche Irrtümer hervorrufen.²

† Aber vielleicht werden wir die Natur dieser Art von Gegenständen noch besser erkennen, wenn wir uns an solche Beispiele halten, die wir sowohl durch direkte Anschauung als auch durch wissenschaftliche Beobachtung kennen. Schon DESCARTES hat bemerkt, daß

¹ Vgl. oben I. Kap. S. 6.

² „Es leuchtet ein, daß der Histologe dadurch, daß die mikroskopische Welt von der uns bekannten sehr verschieden ist, gewissen speziellen Irrtümern ausgesetzt ist. Er hat Bilder vor Augen, die eben so groß sind wie die gewöhnlichen Gegenstände; aber diese sind bloße Phantome und entsprechen in Wirklichkeit Strukturen, die ganz und gar den Gesetzen der Molekularphysik unterworfen sind. Dieser Gegensatz muß dem Geiste immer gegenwärtig bleiben, wenn er den Bau und die Mechanik der anatomischen Elemente verstehen will. Bei meinen letzten Untersuchungen über die Nerven-faser habe ich Gelegenheit gehabt, festzustellen, daß diese Vorschrift nicht immer befolgt worden ist.“ *Notice sur les travaux scientifiques de M. J. Naegle*, Paris 1911, S. 9; vgl. daselbst S. 59.

wir „zwei ganz verschiedene Vorstellungen von der Sonne haben“; die eine „ist aus den Sinnen geschöpft“, und die andere „ist den Berechnungen der Astronomie entnommen“¹. Für unsere unmittelbare Anschauung ist die Sonne ein Lichtfleck; sie könnte zunächst auch eine vorübergehende Erscheinung sein. Bekanntlich nahm HERAKLIT an, daß jeden Tag mit der Morgenröte eine neue Sonne entstehe, um beim Untergang zu verschwinden. Erst die wissenschaftliche Überlegung verwandelt sie, gestützt auf Beobachtungen mit dem Fernrohr, in einen Weltkörper, dessen Masse diejenige der Erde gewaltig übertrifft. So ist die Wissenschaft dem gemeinen Menschenverstande da zu Hilfe gekommen, wo er selbst einen echten materiellen Gegenstand nicht konstituieren konnte, sie hat, ganz in derselben Richtung arbeitend, das Weiterbestehen des *Dinges* sichergestellt, auch wenn es unsichtbar bleibt, und hat ihm Realität oder, wenn man so sagen darf, *Körperlichkeit* verliehen, indem sie den Gegenstand nach den Vorbildern gestaltete, die ihr der naive Realismus lieferte; so wurde die Sonne eine glühende Masse, etwa wie die, welche aus einer Bessemerbirne ausfließt. Übrigens hält die Wissenschaft an dieser Vorstellung von der Sonne fest, nachdem sie sie einmal gebildet hat; niemals kommt sie auf die unmittelbare Anschauung zurück; so oft in der Astronomie von der Sonne die Rede ist, muß man an den gewaltigen glühenden Weltkörper denken, und nie mehr ist von dem kleinen vergänglichen Lichtfleck die Rede.

Erinnern wir uns jetzt an das, was wir hinsichtlich gewisser wissenschaftlicher Begriffe ganz anderer Art festgestellt haben wie z. B. der *Masse, Kraft, Energie*. Diese Begriffe sind offenbar ursprünglich bloße Beziehungen. Die Masse ist der Koeffizient, der bei der mechanischen Wirkung eines Körpers auf einen anderen auftritt; die Kraft ist lediglich die Ursache der Beschleunigung, die sich ihrerseits aus der Differenz zweier Geschwindigkeiten herleitet; ein noch komplizierterer Begriff ist die Energie, die sogar in gewissen Fällen gar nicht vollständig definierbar ist, sie stellt im übrigen einfach einen analytischen Ausdruck dar, der nicht einen einzelnen Körper, sondern ein ganzes System kennzeichnet und von dem man nur die Veränderungen untersucht. Das alles hindert die Physik offenbar nicht daran, diese Begriffe wie wirkliche Dinge zu behandeln. Ja, in gewisser Hinsicht ist die Realität, die man

¹ DESCARTES, *Méditations, Oeuvres*, Bd. IX, Paris 1904, S. 31.

ihnen zuschreibt, sogar von höherem Grade als die, welche der gemeine Menschenverstand bei den von ihm geschaffenen Gegenständen annimmt. Das Kennzeichen der letzteren nämlich, die *Dauerhaftigkeit*, zeigt sich hier in höherem Grade. Alle Gegenstände der Außenwelt, die wir kennen, verändern sich in der Zeit und unter der Wirkung der Zeit; davon sind wir unmittelbar und unbedingt überzeugt, ja, diese Überzeugung bildet einen integrierenden Bestandteil unseres Begriffes von einem Gegenstande oder von der Zeit selbst. Aber Masse, Kraft, Energie bleiben bestehen, sie sind von der Wirkung der Zeit ganz unabhängig.

Es ist beinahe überflüssig, hervorzuheben, daß beim Atom der Fall ganz ebenso liegt; nähert sich dieser Begriff doch noch mehr als die eben behandelten denen des gemeinen Menschenverstandes; denn die Mechanistik, deren Grundlage er ist, kann als eine Art wissenschaftlichen „gemeinen Menschenverstandes“ aufgefaßt werden (S. 386). Auch für das Atom gilt, daß seine Hauptaufgabe darin besteht, ewig und unwandelbar zu sein.

Wir können die Ergebnisse, die wir soeben erhalten haben, noch auf einem anderen Wege bestätigen. Wenn auch die Dauerhaftigkeit dasjenige Kennzeichen der Gegenstände des gemeinen Menschenverstandes ist, das im Vergleich mit unseren Empfindungen am meisten in die Augen fällt, so ist sie doch nicht das einzige. Eine andere, mindestens ebenso wesentliche Unterscheidung ergibt sich deutlich, wenn wir an die Überlegungen denken, die wir früher über die Quantität angestellt haben (S. 359f.). Die Welt des gemeinen Menschenverstandes ist, wie wir sahen, zum Teil eine qualitative, aber nur zum Teil; in allem, was sich auf den Raum und die Raumerfüllung bezieht, erscheint sie uns deutlich quantitativ, während unsere unmittelbare Empfindung nur rein qualitativ sein kann.

Macht nun die Wissenschaft diese Entwicklung des gemeinen Menschenverstandes rückgängig, dringt sie durch die quantitative Wahrnehmung bis zur qualitativen Empfindung vor? Im Gegenteil, sie verstärkt diese Tendenz und treibt sie bis zur äußersten Grenze. Dieses Verhalten ist so auffällig, daß es häufig sogar von oberflächlichen Beobachtern festgestellt worden ist und daß man die fortschreitende Ersetzung der Qualität durch die Quantität zu einem der Kennzeichen der Naturwissenschaft im allgemeinen oder

wenigstens der modernen Naturwissenschaft erhoben hat. Die Physik überbietet nämlich noch den gemeinen Menschenverstand, indem sie quantitative Betrachtungen da einführt, wo dieser noch nichts von solchen weiß. Sie erklärt, daß zwei Lichtstrahlen von verschiedener Farbe sich nur durch die Wellenlänge unterscheiden, die unstreitig ein rein quantitativer Begriff ist; und sie führt schließlich so grundlegende Unterschiede wie die zwischen Elektrizität und Licht auf quantitative Unterschiede zurück.

So schafft also die Wissenschaft neue Gegenstände, die denen des naiven Realismus vollständig gleichen, oder sogar Wesenheiten besonderer Art, bei denen das Kennzeichen des Gegenstandes, die Dauerhaftigkeit, zum Absoluten gesteigert ist; sie bringt die Quantität da zur Herrschaft, wo der gemeine Menschenverstand nicht imstande war, diese Aufgabe zu erfüllen; und wenn sie das Weltbild des naiven Realismus umformt, so tut sie das stets, indem sie einen *Gegenstand* durch einen anderen *Gegenstand* ersetzt, welcher der obersten Bedingung genügt, von unserer Empfindung unabhängig zu existieren. Also kehrt die Wissenschaft, wenn sie sich von dem gemeinen Menschenverstande entfernt, doch niemals zur Empfindung zurück; im Gegenteil, sie treibt ihre Begriffsbildungen auf dem Wege und in der Richtung immer weiter, in der sich unser Denken von der Empfindung zum gemeinen Menschenverstande bewegt hat.

Man kann diese allgemeine Behauptung an DÜHEMS Physiker direkt bestätigen. Der elektrische Strom ist sicher in keiner Weise ein Gegenstand im Sinne des gemeinen Menschenverstandes. Dessen Gegenstände nämlich sind deutlich dadurch gekennzeichnet, daß sie sich aus hypostasierten Empfindungen zusammensetzen; nun haben wir aber keine spezifischen Empfindungen der Elektrizität, da wir für diese Energieform kein Sinnesorgan besitzen; und wenn der Strom oder der Funken durch unseren Körper geht, so fühlen wir weiter nichts als eine einfache mechanische Erschütterung. Daraus ergibt sich, daß es sehr schwierig ist, vom elektrischen Strom in der Sprache des gemeinen Menschenverstandes zu reden, so wie wir das etwa bei den Tierchen im Wassertropfen oder bei der Sonne tun, die durch optische Instrumente sichtbar sind und deswegen, wie wir sahen, unmittelbar zu Gegenständen einer Art erweiterten gemeinen Menschenverstandes werden. Indessen ist diese Schwierigkeit nicht absolut unüberwindlich, und es ist wichtig, sich klar zu machen, auf welchem

Wege wir sie zur Not beseitigen können. DUHEMS Physiker, der den Zuschauer auf Vorlesungen über Elektrizität verwies, begnügte sich mit der Behauptung, daß die Erklärung sehr umständlich wäre, was durchaus richtig ist. Hätte indessen sein Partner auf seiner Frage bestanden, hätte er den Physiker gezwungen, eine Erklärung zu entwerfen, so hätte dieser sie, daran ist kein Zweifel, in der Sprache des gemeinen Menschenverstandes gegeben, er hätte von Gegenständen geredet, wie man sie gewöhnlich auffaßt. Bei diesem Verfahren hätte der Physiker einfach den Weg rückwärts verfolgt, den die Wissenschaft bei der Bildung des Begriffs „elektrischer Strom“ eingeschlagen hatte: da man von den Gegebenheiten des gemeinen Menschenverstandes ausgegangen ist, so kann man nötigenfalls auch zu ihnen zurückkehren.

Offenbar erfordert das eine ganze Menge Umschreibungen; aber man beachte das wohl: wenn man von dem elektrischen Strom und seinen Eigenschaften aus bis zur unmittelbaren Empfindung zurückgehen will, so gibt es keinen anderen Weg als den über die Begriffe des gemeinen Menschenverstandes; denn zwischen dem Strom und der Empfindung besteht kein unmittelbarer Zusammenhang. Obwohl also der elektrische Strom als ein von uns unabhängiges Objekt nicht zu der Welt des gemeinen Menschenverstandes im eigentlichen Sinne, ja nicht einmal zu dem erweiterten Weltbild des gemeinen Menschenverstandes gehört, das die mikroskopischen und teleskopischen Objekte umfaßt, so hängt er nichtsdestoweniger von dem Ganzen dieser Weltansicht ab. Er ist nämlich das Ergebnis einer doppelten Übertragung: zuerst werden die Empfindungen zu Gegenständen des gemeinen Menschenverstandes hypostasiert und dann auf der Grundlage dieser Gegenstände die Begriffe der wissenschaftlichen Theorie geschaffen, die ihrerseits neue Wirklichkeiten, neue Gegenstände darstellen.

Es kommt hinzu, daß hier keineswegs eine geheimnisvolle Eigentümlichkeit unserer Einbildungskraft vorliegt. Der Naturforscher richtet sich nur nach zwei Prinzipen, dem der Gesetzmäßigkeit und dem der Kausalität. Das erste kann offenbar nur dazu dienen, Beziehungen zwischen bereits vorher vorhandenen Begriffen herzustellen. Es ist also für sich allein unfähig, diese Begriffe zu verändern; beweist es ihre Unzulänglichkeit, so muß doch erst das Kausalprinzip, das sie geschaffen hat, eingreifen, um sie zu verändern.

Nun schreitet aber dieses Prinzip von Identität zu Identität oder wenigstens zu vermeintlicher Identität vor; es kann also einen Begriff nicht durch einen ihm heterogenen ersetzen, und folglich müssen wir, wenn wir von Gegenständen ausgehen, die wir als wirklich ansehen, selbstverständlich zu Gegenständen derselben Art kommen. Freilich besteht irgendwo am Anfang (oder wenn man will, am Ende) zwischen der Empfindung und dem Gegenstand ein Abgrund, den das Kausalprinzip leichten Fußes überspringt; aber das geschieht nur, weil dieser Sprung zwangsläufig ist und weil wir ihn übrigens unbewußt ausführen. Dagegen ist die Arbeit der Wissenschaft eine bewußte; der Naturforscher schreitet in gemessenen Schritten vorwärts und kann ihre Länge nach Belieben verringern; infolgedessen muß jede Abweichung, jeder Bruch der Kontinuität sofort offenbar werden.

Man versteht nun auch, wieso die von der Naturwissenschaft geschaffenen Begriffe, wie der des Atoms, der Masse oder der Energie, in mancher Hinsicht, besonders was ihre Beharrlichkeit betrifft, gewissermaßen *Dinge* von höherer Ordnung zu sein scheinen als die Gegenstände des gemeinen Menschenverstandes. Wie kommt nämlich der Naturforscher dazu, die Unzulänglichkeit des gemeinen Menschenverstandes zu beweisen? Er sucht nach der Ursache, ersetzt Antezedens und Konsequens gleich, d. h. er versucht etwas zu finden, was in beiden identisch geblieben sein könnte. Erinnern wir uns an das Beispiel mit dem Stock: wenn ich ihn im Wasser gebrochen erblicke und dennoch behaupte, daß er gerade geblieben sei, so ziehe ich die Beharrlichkeit von etwas heran, das unstreitig ein Begriff des gemeinen Menschenverstandes ist. Stelle ich jedoch, nachdem ich ihn verbrannt habe, die Behauptung auf, daß seine „Materie“ nicht verschwunden sei, so nehme ich Begriffe zu Hilfe, die nicht mehr dem gemeinen Menschenverstande angehören. Ich tue das deshalb, weil ich, obwohl der Stock als solcher offenbar nicht mehr vorhanden ist, mir etwas vorstellen will, von dem ich annehmen kann, daß es sowohl in dem verbrannten Gegenstand als in den Gasen existiert, die sich bei der Verbrennung bilden. Also weil die Dauerhaftigkeit der Gegenstände des gemeinen Menschenverstandes keine ausreichende ist, geben wir diese Gegenstände auf und schaffen uns eine Reihe neuer Gegenstände; diese sind also notwendigerweise mit einer größeren Dauerhaftigkeit ausgestattet und infolge-

dessen noch mehr von uns losgelöst und unabhängig, haben noch mehr Teil an dem Charakter des Dinges an sich.¹ Es leuchtet übrigens ein, daß diese Deduktion nicht nur auf die Naturwissenschaft, wie wir sie heute kennen, Anwendung findet, sondern auf die Naturwissenschaft überhaupt. In der Tat benutzte auch das peripatetische System, so sehr es sich von dem unsrigen unterscheidet, in dieser Hinsicht ganz analoge Verfahren: „das Warme“ des ARISTOTELES mag sich noch so sehr als reine Qualität gebärden, seine wahre Bestimmung ist es doch, Veränderungen dadurch zu erklären, daß es seinen Ort wechselt; es besitzt also eine größere Dauerhaftigkeit als ein einfacher Wahrnehmungsgegenstand. Es ist beinahe überflüssig, hervorzuheben, daß diese Gemeinsamkeit des Verfahrens eine Folge davon ist, daß es sich um unmittelbare Konsequenzen des Kausalprinzips handelt.

Man sieht daraus, wie unanwendbar eine Vorschrift ist, die man versucht wäre dem Naturforscher zu machen, nämlich sich auf die Zerstörung der Wirklichkeit des gemeinen Menschenverstandes zu beschränken und auf die Schöpfung einer neuen Wirklichkeit zu verzichten. Denn zugleich mit dem Zerstören schafft er neu, und nur zugunsten der neuen Wirklichkeit vernichtet er die alte.

Man könnte ihm auch den Rat geben, die ganze Wirklichkeit ohne weiteres, sozusagen durch einen Machtspruch, zu beseitigen. Es gibt nämlich außer dem wissenschaftlichen Denken noch einen anderen Weg, der aus der Welt des gemeinen Menschenverstandes herausführt: das ist der Weg der Metaphysik. Es würde dem Physiker, sofern er als Philosoph idealistischen Ansichten huldigt, anscheinend

¹ PLANCK hat sehr gut erkannt, was uns nötigt, Betrachtungen über molekulare Bewegungen auch in solche Gebiete einzuführen, die ihnen zunächst unzugänglich erscheinen, z. B. das Gebiet der irreversiblen Vorgänge; der Grund liegt in der Notwendigkeit, die Naturwissenschaft von dem zu befreien, was er „antropomorphe Betrachtungen“ nennt, d. h. Betrachtungen, die sich auf die Persönlichkeit des Beobachters beziehen. Er hat erkannt, daß diese fortschreitende Emanzipation das wahre Kennzeichen der Entwicklung der theoretischen Naturwissenschaft bildet, und ebenso, daß diese Entwicklung der positivistischen Auffassung widerspricht, da diese eine Rückkehr zur Empfindung und eine Wissenschaft fordert, die unmittelbare Beziehungen zwischen den Empfindungselementen herstellt (*Acht Vorlesungen über theoretische Physik*, Leipzig 1910, S. 3-7). — WUNDT seinerseits hat durchaus verstanden, daß der Zusammenbruch der energetischen Ansicht eine Folge der Notwendigkeit war, ein im Raume bewegliches Substrat anzunehmen (d. h. ein in der Zeit unveränderliches), eine Notwendigkeit, die durch den Fortschritt der elektromagnetischen Theorie besonders dringlich geworden ist (*Die Prinzipien der mechanischen Naturlehre*, S. 3).

gar nicht schwer fallen, diese Vernichtung der Wirklichkeit in seinem Innern zu vollziehen; aber das ist nur Schein. Selbst der entschiedenste Solipsist *sieht* die Materie, wenn er des Morgens die Augen aufschlägt, er *berührt* sie, wenn er die Hand danach ausstreckt. Das liegt daran, daß diese Metaphysik in uns entsteht, ohne daß wir es uns selbst eingestehen, momentan, unwiderstehlich, so daß wir an ein bloß passives Empfangen unserer Sinne denken, wo in Wirklichkeit eine verwickelte Arbeit unseres Gehirns vor sich geht. „Ich weiß“, sagt REID, „daß dieser Glaube (an die Wirklichkeit der Außenwelt) nicht die Wirkung von Beweisen und Überlegungen ist, sondern unmittelbar aus meiner Organisation entspringt“.¹ Und vor diesem „Philosophen des gemeinen Menschenverstandes“, wie man ihn genannt hat, schrieb HUET, Bischof von Avranches, ein Metaphysiker, der ganz entgegengesetzte Ansichten vertrat, vielleicht der extremste Skeptiker, den die Geschichte der modernen Philosophie kennt: „Wenn es sich um die Lebensführung, um die Erfüllung unserer Pflichten handelt, hören wir auf, Philosophen zu sein, dann verschwinden Zweifel und Ungewißheit, und wir werden einfältige leichtgläubige Leute, die die Dinge bei ihrem Namen nennen . . .“.²

Ohne Zweifel wollte HUET nur sagen, daß wir den gemeinen Menschenverstand zum Handeln brauchen. Daß aber die Begriffe des gemeinen Menschenverstandes mit so wunderbarer Leichtigkeit wiederkehren, obwohl wir sie vernichtet zu haben glaubten, beweist deutlich, daß ihre Vernichtung nur eine scheinbare war, daß wir uns nicht ganz von ihnen befreit hatten, daß wir noch immer von dem „ontologischen“ Bedürfnis beherrscht werden.³

Natürlich hat dieses Bedürfnis nach der von uns oben entwickelten Theorie des gemeinen Menschenverstandes nichts Geheimnisvolles noch Ursprüngliches. Es ist einfach der Ausdruck für unser Bestreben, unsere Empfindungen in der Zeit beharren zu sehen. Nun wechseln sie aber unaufhörlich; das erscheint uns unvernünftig,

¹ T. REID, *Works*, herausgeg. v. HAMILTON, Edinburg 1846, *Of the Human Mind*, S. 183.

² HUET, *Traité philosophique de la faiblesse de l'esprit humain*, Amsterdam 1723, S. 242.

³ HARTMANN (*Das Grundproblem der Erkenntnistheorie*, 2. Aufl., S. 37 f.) stellt boshafterweise fest, mit welcher bedauerlichen Leichtigkeit die idealistischen Philosophen, sogar im Verlauf ihrer scheinbar abstraktesten Schlußfolgerungen, in den naiven Realismus zurückfallen.

sie *sollen* weiterbestehen, und wenn sie nicht in uns weiterbestehen können, so verlegen wir sie in die Außenwelt, ja wir schaffen uns vielleicht erst eine solche, um die Empfindungen in sie zu verlegen. Wird nun durch das Eingreifen der Naturwissenschaft diese erste Reihe so geschaffener Gegenstände als widerspruchsvoll und deshalb als nicht-existent erwiesen, so müssen wir uns sofort andere schaffen. Unsere Empfindungen können nämlich nicht an sich selbst, unabhängig bestehen, denn dann wäre ihr zeitlicher Wechsel ohne Ursache. Wir *müssen* also diese Ursache schaffen, und zwar eine beständige Ursache, und wenn sie nicht aus Gegenständen bestehen kann, die mit den Qualitäten des gemeinen Menschenverstandes ausgestattet sind, so werden es eben Atome oder Elektronen sein. Dadurch werden wir endgültig überzeugt, daß der Naturforscher sich niemals vom *Gegenstand* wird befreien können, daß er immer nur eine Wirklichkeit durch eine andere ersetzen kann, die etwas weniger unlogisch ist, aber im Grunde ebenso chimärisch, und die übrigens dazu verurteilt ist, ihrerseits im Abgrund des Äthers oder vielmehr des unterschiedslosen Raumes zu versinken.

Würde dagegen der Naturforscher seinen kausalen Deduktionen Halt gebieten oder sie vollständig aus der Wissenschaft ausscheiden, so wäre das Ergebnis einfach, daß die Weltansicht des gemeinen Menschenverstandes aufrechterhalten bliebe, eine Weltansicht, die so ontologisch ist wie irgendeine, deren vollständige Inkonsequenz aber bei der geringsten wissenschaftlichen Überlegung klar hervortritt. Scheiden wir aus einem bestimmten Gebiet der Naturwissenschaft jede atomistische und mechanistische Hypothese aus! Was übrig bleibt, sind Gesetze, d. h. der Ausdruck für Beziehungen nicht zwischen Erscheinungen unseres Bewußtseins, sondern zwischen materiellen Gegenständen, also kausalen Bildern. Philosophisch betrachtet, würden wir also durch eine Beseitigung der in den naturwissenschaftlichen Theorien steckenden „Metaphysik“ absolut nichts gewinnen, ebensowenig aber dadurch, daß wir diesen Theorien durch mehr oder weniger komplizierte Kunstgriffe eine solche Form geben, daß ihr ontologischer Gehalt, d. h. die in ihnen enthaltene Hypothese über die Natur der Wirklichkeit sozusagen verschleiert wird.¹

¹ Unter anderen hat HARTMANN sehr gut gezeigt, daß das, was man im allgemeinen mit dem Namen Positivismus schmückt, vom Standpunkt der Metaphysik betrachtet, nichts weiter ist, als ein kaum veränderter naiver Realismus (a. a. O. S. 94).

Wenn man vorgibt, sich *aller* Metaphysik enthalten zu wollen, so ist das ein ganz vergebliches Beginnen. Die Metaphysik durchdringt die ganze Wissenschaft aus dem einfachen Grunde, weil sie in ihrem Ausgangspunkt enthalten ist. Wir können sie nicht einmal auf ein genau umgrenztes Gebiet einschränken. *Primum vivere, deinde philosophari* scheint ein von der Weisheit eingegebener Spruch zu sein. In Wirklichkeit ist es eine unausführbare Vorschrift, die ungefähr ebenso unanwendbar ist, wie wenn man uns raten würde, uns von der Wirkung der Schwerkraft frei zu machen. *Vivere est philosophari*.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, daß wir zwischen dem gemeinen Menschenverstande und der Wissenschaft keinen so tiefgehenden Unterschied sehen, wie man ihn zuweilen behauptet hat. Wir glauben aufs Wort, was LE ROY selbst früher ausgesprochen hatte, daß die Naturwissenschaft derselben Geisteshaltung entspricht wie der gemeine Menschenverstand.¹ Wenn dieser Philosoph behauptet, daß der Naturforscher zwar die wissenschaftlichen Tatsachen, aber nicht die rohen Tatsachen *schafft*,² so stimmen wir ihm gleichfalls zu; denn uns scheint die wissenschaftliche Tatsache sich auf einen von dem Naturforscher geschaffenen Gegenstand zu beziehen. Aber wir räumen das nur unter der Bedingung ein, daß man uns zugibt, daß er bei dieser Tätigkeit genau dasselbe Verfahren anwendet wie der gemeine Menschenverstand beim Schaffen der rohen Tatsache. Wenn LE ROY behauptet, daß in der Erscheinung der Sonnenfinsternis zwei verschiedene Tatsachen enthalten seien, eine solche des gemeinen Menschenverstandes und eine solche der Wissenschaft,³ so bedarf das einer genaueren Erklärung. Zuerst einmal ist in der Erscheinung der Sonnenfinsternis nach BERGSON eine Reihe von „unmittelbaren Gegebenheiten des Bewußtseins“ enthalten, die außerordentlich schwer zu fassen sind, weil unser Bewußtsein sie momentan umformt, und die sich auch sehr schwer beschreiben lassen, weil unsere ganze Sprache sich im Hinblick auf die vom gemeinen Menschenverstand geschaffenen „Wirklichkeiten“ und die wissenschaftlichen Theorien gebildet hat. Sicher ist jedenfalls, daß diese unmittel-

¹ E. LE ROY, *Science et Philosophie*, Revue de métaphysique, VII, 1899, S. 511.

² Ders., *La science positive et la liberté*, Congrès de philosophie de 1900, Bd. I, S. 333.

³ Ders., *Bulletin de la société française de philosophie*, 1901, S. 17.

baren Gegebenheiten lediglich subjektive Zustände umfassen und nichts, was mit einer äußeren Tatsache Ähnlichkeit hätte. Die äußere, rohe Tatsache entsteht erst mit dem gemeinen Menschenverstand. Aber kaum entstanden, wird sie von der wissenschaftlichen Kritik angegriffen, oder vielmehr die rohe und die wissenschaftliche Tatsache sind eigentlich eins. Es besteht zwischen ihnen kein Bruch der Kontinuität. Was sehe ich denn, wenn ich die Sonne betrachte, die im Begriff ist, sich zu verfinstern? Sehe ich eine leuchtende Scheibe oder einen gewölbten Körper? Es ist nicht leicht, das anzugeben. Es ist ziemlich sicher, daß unsere Vorfahren die flache Scheibe sahen; uns aber hat man seit unserer Kindheit so oft wiederholt, daß da eine Kugel ist, daß wir sie zu sehen glauben; und ganz gewiß *sieht* der Astronom, der die Sonne täglich beobachtet und die Flecken sich auf ihr bewegen und, je nach ihrer Lage, ihr Aussehen ändern sieht, die Sonne als eine Kugel. Besser sieht er das noch beim Mond, der uns näher ist und auf dessen Oberfläche die Erhabenheiten schärfer hervortreten, und es kann kein Zweifel bestehen, daß er, da er gewohnt ist, ihn im Fernrohr als Kugel zu sehen, ihn auch so sieht, wenn er ihn mit bloßem Auge betrachtet, und daß er gar nicht mehr den Eindruck von einer flachen Scheibe bekommen kann. Ebenso glauben wir in der Dämmerung einen Menschen zu sehen, sind aber unfähig, ihn neuerdings zu sehen, wenn wir die Überzeugung gewonnen haben, daß nur ein Baum da ist.¹ Beim Himmel sind wir sicherlich beinahe unfähig, das kristallne Gewölbe zu *sehen*, das unsere Vorfahren kannten. Dieser Ausdruck, der ihnen etwas Wirkliches bezeichnete, etwas, was sie wahrzunehmen glaubten, ist für uns eine reine Metapher geworden; richten wir unsere Blicke gen Himmel, so entdecken wir sozusagen nicht mehr den Hintergrund; wir haben das Gefühl, als tauchten wir mit unseren Blicken in den unendlichen grenzenlosen Raum. Alle diese Tatsachen beruhen übrigens ganz zweifellos auf dem,

¹ HELMHOLTZ (*Vorträge und Reden*, 4. Aufl., Braunschweig 1896, S. 114) erzählt folgendes: Als Kind sah er, wenn er an einem gewissen Turm vorbeiging, niedliche Püppchen auf der oberen Galerie und bat eines Tages seine Mutter, den Arm auszustrecken, um ihm welche herunterzuholen. „Später“, fügt er hinzu, „habe ich noch oft nach der Galerie jenes Turmes emporgesehen, wenn sich Menschen darauf befanden, aber sie wollten dem geübteren Auge nicht mehr zu niedlichen Püppchen werden.“ Das ist ein ausgezeichnetes Beispiel für die Unmöglichkeit, zur ursprünglichen Wahrnehmung zurückzukehren, wenn diese durch ein später erworbenes Wissen modifiziert worden ist.

was wir vorhin festgestellt haben: in unsere Wahrnehmung geht die *verallgemeinerte* Erinnerung, d. h. unser *Wissen* ein, sie bildet einen konstitutiven Bestandteil von ihr. LE ROY räumt ein, daß zwischen dem gemeinen Menschenverstande und der Wissenschaft keine scharfe Grenze besteht, daß es zwischen beiden eine Übergangszone gibt.¹ Dieses Zugeständnis ist aber unseres Erachtens unzureichend, wir behaupten vielmehr die vollständige Kontinuität der beiden, für uns ist der gemeine Menschenverstand nichts anderes als ein wissenschaftliches und metaphysisches System, das sich unter dem Einfluß der Wissenschaft wandelt, wenn auch sehr viel langsamer als die wissenschaftlichen Theorien im eigentlichen Sinne des Wortes.

Unsere Auffassung nähert sich viel mehr derjenigen DUHEMS, den wir besonders am Anfang dieser Darstellung so ausgiebig zitiert haben. Indessen sind wir nicht ganz sicher, ob wir den Unterschied verstanden haben, den dieser Denker zwischen dem gemeinen Menschenverstande und den wissenschaftlichen Theorien feststellen zu können glaubt. DUHEM zieht einen Vergleich zwischen einem Schiffsoffizier, der in technischen Ausdrücken seinen Matrosen einen Befehl erteilt, und einem Physiker, der von Elementen, Drucken und elektromotorischen Kräften spricht, und er hebt hervor, daß den Kommandos des Offiziers im Geiste seiner Mannschaft bestimmte von ihnen auszuführende Handlungen entsprechen, während die Aussage des Physikers sich auf unendlich viele verschiedene Weisen realisieren läßt.² Aber kann sich der Physiker seinerseits nicht auch in weniger allgemeiner Weise ausdrücken? Und kann andererseits der Schiffsoffizier nicht auch allgemeinere Ausdrücke benutzen, so daß er etwa nur das zu erreichende Ziel bezeichnet? Wenn ein Kapitän vor der Einfahrt in den Hafen dem Lotsen den Teil des Hafens angibt, wo er vor Anker gehen möchte, hat da nicht der Lotse die Wahl zwischen einer unendlichen Mannigfaltigkeit von Bewegungen und Manövern, durch die er den gewünschten Ankergrund erreichen kann? Und wenn man genauer zusieht, so bleibt auch bei dem Befehl des Offiziers noch eine unendliche Unbestimmtheit übrig. Der Matrose weiß wohl, daß er an jenem bestimmten Seil ziehen soll, aber um das zu

¹ E. LE ROY, Bulletin de la société française de philosophie, 1901, S. 20.

² DUHEM, a. a. O. S. 240.

machen, kann er etwa das linke Bein vor das rechte setzen oder umgekehrt usw. Mit einem Wort, er hat die Wahl zwischen einer wahrhaft unbegrenzten Vielheit verschiedener Bewegungen, die nichts anderes miteinander gemein haben, als daß sie genau wie die verschiedenen Hantierungen, die derselben Aussage des Physikers entsprechen, zu Ergebnissen führen, die als identisch betrachtet werden. DUHEM ist unseres Erachtens der Wirklichkeit näher gekommen, als er die unwillkürlichen Abstraktionen des gemeinen Menschenverstandes den langsamen, komplizierten, bewußten Abstraktionen der physikalischen Theorien gegenüberstellte.¹ Darin besteht nach unserer Überzeugung der wirkliche Unterschied: der gemeine Menschenverstand handelt unbewußt, und selbst wo er durch die Wissenschaft modifiziert wird (wie in dem Falle des Mondes, den der Astronom konvex sieht), ist seine Wirkung eine momentane; andererseits wirkt er in ungefähr identischer Weise bei der ungeheuren Mehrheit der Menschen. Deshalb scheinen seine Aussagen infolge ihrer Unwillkürlichkeit und der allgemeinen Zustimmung, der sie sich erfreuen, eine höhere Gewißheit zu erlangen. In Wirklichkeit aber sind sie von derselben Art und durch dasselbe Verfahren erzeugt wie diejenigen der Wissenschaft.

¹ DUHEM, a. a. O. S. 272.

ZWÖLFTES KAPITEL

Schlußfolgerungen

Aus den vorstehenden Seiten ergibt sich, scheint uns, vor allem folgende Schlußfolgerung: es ist nicht richtig, daß die Wissenschaft als einziges Ziel das Handeln hat, noch daß sie ausschließlich durch das Streben nach Ökonomie bei diesem Handeln beherrscht wird. Die Wissenschaft will uns auch lehren, die Natur zu *verstehen*. Sie strebt wirklich, gemäß dem Ausdruck LE ROYS, nach der „fortschreitenden Rationalisierung des Wirklichen“.¹

Wohl ist sie aufgebaut worden in der scheinbaren Gewißheit, daß die Natur geordnet ist. Aber auch in der beharrlichen Hoffnung, daß sie sich als begreifbar erweisen würde. In jedem Gebiet der Wissenschaft sind diese Prinzipie gleichzeitig angewandt worden und werden noch immer angewandt. Ihre Wirkungen sind so miteinander verknüpft, daß es unmöglich ist, sie zu trennen; denn jedes leiht dem anderen seine Erfolge. Nicht nur dienen die empirischen Tatsachen, wie man gesagt hat, dazu, Theorien aufzubauen, mit deren Hilfe neue Tatsachen entdeckt werden, sondern Betrachtungen über die Erhaltung und die Identität greifen bei jedem Schritt der empirischen Gesetzeswissenschaft ein, und diese ist entgegen dem äußeren Schein mit Elementen *a priori* gesättigt.

Die Wissenschaft ist nicht *positiv* und enthält sogar keine positiven Daten in dem bestimmten Sinne, den AUGUSTE COMTE und seine Anhänger mit diesem Ausdruck verbinden, d. h. „von aller Ontologie entkleidete“ Daten. Die Ontologie ist mit der Wissenschaft völlig verwachsen und läßt sich nicht von ihr trennen. Wer vorgibt, sie auszuschalten, benutzt unbewußt ein landläufiges metaphysisches System, einen gemeinen Menschenverstand, der mehr oder weniger durch die ihm vertraute Wissenschaft der Vergangenheit umgeformt ist. Das positivistische Schema ist also in Wahrheit

¹ E. LE ROY, *Science et Philosophie*, Revue de métaphysique, VII, 1899, S. 534.

ein bloßes Hirngespinnst. Nicht allein entspricht es weder der heutigen Wissenschaft noch irgendeiner, welche die Menschheit auf einer früheren Entwicklungsstufe gekannt hat, sondern es verlangt eine Modifikation, eine völlige Umwälzung unserer Denkgewohnheiten, die wir uns nur mit größter Mühe vorstellen können, und deren Folgen abzusehen wir völlig außerstande sind. Wollte man ernstlich alle *Ontologie* eliminieren, so wäre das nur möglich, wenn man es ganz am Anfang der Physik ausführte; man müßte dazu den Gegenstand auflösen und zu BERGSONS unmittelbaren Gegebenheiten zurückkehren, um nachträglich zu versuchen, zwischen ihnen direkte Beziehungen herzustellen, ohne die Hypothese einer objektiven Existenz zu benutzen. Wäre eine solche Wissenschaft möglich? MALEBRANCHE hat das ausdrücklich bestritten; er hat sich bemüht, den Beweis zu erbringen, daß man in keinem Falle die Empfindungen als subjektive Erscheinungen direkt durcheinander messen kann, und daß jede Vergleichung zwischen ihnen voraussetzt, daß man sie zuvor auf objektive Ursachen zurückführt und ihnen dadurch im Raum und in der Zeit einen festen Platz anweist.¹ Diese Deduktion erscheint unangreifbar. Wir haben (S. 359) gesehen, daß schon die rein qualitative Naturwissenschaft, die aber noch substantialistisch ist, zwar Größenskalen aufstellen kann, aber keine Messungen auszuführen vermag. Erst recht wäre das für eine rein phänomenologische Wissenschaft der Fall, aus der selbst die Qualität als Substrat ausgeschlossen wäre. Muß man indessen wirklich die Möglichkeit einer derartigen Wissenschaft völlig leugnen und ihre vollständige Nutzlosigkeit für die Voraussicht behaupten? Gerade die völlige Neuheit, die Tatsache, daß der vorgeschlagene Weg noch unbekannt ist, veranlaßt uns, vor einer solchen apodiktischen Aussage zu zögern. Wir wollen diese Frage, weil sie zu weit von dem Thema unseres Buches abliegt, nicht genauer untersuchen; aber wir wollen nochmals bemerken, wie sehr eine nach dieser Vorschrift aufgebaute Wissenschaft, vorausgesetzt sie sei in aller Strenge möglich, von allem, was wir kennen, abweichen würde. Sicher wäre das gar keine Physik mehr, sondern eher eine Art auf die Spitze getriebener Psycho-Physik; sie wäre nämlich sehr viel mehr als alles, was wir unter diesem Namen kennen, von der Physik

¹ MALEBRANCHE, *De la recherche de la vérité*, Paris 1721, 11. *Éclaircissement*, Bd. IV, S. 277 f.

entfernt; denn die heutige Psycho-Physik setzt, wie man sich leicht überzeugen kann, die Physik als Grundlage voraus und infolgedessen auch die ganze ontologische Welt des gemeinen Menschenverstandes und der Naturwissenschaften. — Der ontologische Charakter der naturwissenschaftlichen Erklärung ist unzerstörbar. Gewiß führt sie letzten Endes über die Einheit der Materie zum gleichförmigen leeren Raum; aber dann wird die Wirklichkeit überhaupt, die ganze Außenwelt vernichtet. Und in dieser allgemeinen Vernichtung verschwindet selbstverständlich auch das Gesetz; denn da es weder im Raum noch in der Zeit eine Verschiedenheit gibt, gibt es auch keine Vorgänge und folglich nichts mehr, was vom Gesetz beherrscht werden könnte.¹ Im Gegensatz zu dem, was manche Denker zu glauben vorgeben, gibt es also in der natürlichen Entwicklung der wissenschaftlichen Theorien keine Phase, und kann es keine solche geben, in der die ontologische Wirklichkeit verschwände, während der Begriff der Gesetzlichkeit bestehen bliebe. Es ist ganz sicher, daß beide zugleich verschwinden; könnten wir die Welt der wissenschaftlichen Theorie in dem Augenblick erfassen, wo sie sozusagen im Begriff ist, sich in das Nichts aufzulösen, so würden wir sie noch ebenso ontologisch finden wie die des gemeinen Menschenverstandes; auch die singulären Punkte des Äthers sind, sofern wir sie durch irgendein Mittel von dem umgebenden Medium unterscheiden könnten, genau so wirklich, genau so gut *Gegenstände* (die im Grunde in ihrer Existenz von uns und unserer Empfindung sogar noch unabhängiger wären) wie irgendein Ding unserer Wahrnehmung. Die erklärende Naturwissenschaft trifft sich zwar mit dem absoluten Idealismus oder Solipsismus, aber ihre beiden Wege begegnen sich erst im vollkommenen Akosmismus. Sowohl die Naturwissenschaft als die Philosophie haben, jede von ihrer Seite, das Bestreben, die Wirklichkeit zu vernichten, aber man kann sich außer dem Schnittpunkt im Unendlichen keinen anderen Punkt vorstellen, in dem diese beiden Parallelen zusammentreffen.

Daraus erklärt sich eine Besonderheit, die wir an den Untersuchungen der Physiker über den Aufbau der Materie bemerken und die geeignet ist, die Aufmerksamkeit des Philosophen auf sich zu lenken: nämlich die schlafwandlerische Sicherheit, mit welcher der Naturforscher sich in diesem Gebiet bewegt, während dem Philo-

¹ Vgl. oben S. 264.

sophen seine Gedankengänge als furchtbar, als ausschweifend im wahrsten Sinne erscheinen, d. h. als etwas, was gänzlich aus dem gewöhnlichen Rahmen experimenteller Untersuchungen herausfällt. Woher mag es kommen, daß der Physiker nicht im geringsten dies Gefühl teilt, vielmehr durchaus den Eindruck hat, daß er sich in seinem eigenen Reiche aufhält und seine gewöhnlichen Methoden anwendet? Offenbar liegt das daran, daß er von dem Weltbild ausgegangen ist, das unsere naive Wahrnehmung uns bietet und daß er dieses Weltbild nur nach denselben Regeln umgeformt hat, nach denen es selbst entstanden ist. Fortdauernd hat er das Unsichtbare an die Stelle des Sichtbaren gesetzt, aber was er neugeschaffen hat, ist von derselben Art wie das, was er zerstört hat. Er behandelt das Atom einfach so, wie der Biologe die Mikrobe, jenes wird einer Billardkugel gleichgesetzt, wie diese einem Tiere. Erst recht fühlt sich der Naturforscher in den weniger exponierten, weniger an der Grenze gelegenen Bezirken seines Reiches vor Zweifeln geschützt; kein Wunder, daß diese Sicherheit für den Philosophen zuweilen einen Gegenstand des Neides gebildet hat. Daher die so oft erneuerten Versuche, aus der Naturwissenschaft durch ein Verfahren der Extrapolation und Verallgemeinerung eine wirkliche Philosophie zu gewinnen. Der Verlauf solcher Untersuchungen und ihr schließliches Schicksal lassen sich gewissermaßen vorausbestimmen. Bei der Schaffung der Wissenschaft hat nämlich der Mensch fortdauernd seinem Kausaltrieb gehorcht; ausgehend von der Empfindung hat er unaufhörlich versucht, sie zu erklären und den Forderungen seiner Vernunft gefügig zu machen. Das Allgemeinste, was es also in der Wissenschaft gibt, muß notwendig die Form dieser Forderungen haben und folglich eine mit apriorischen Elementen gesättigte Auffassung sein: eine kausale Hypothese wie die von der Beständigkeit der Qualitäten und vor allem die mechanistische oder Atomtheorie. So geschieht es denn, daß man, im Glauben die Ergebnisse der Erfahrung zu verallgemeinern, paradoxerweise dazu kommt, unsere Vorstellungen von den in den Erfahrungen gegebenen Schranken zu befreien.

Es versteht sich von selbst, daß ein Naturforscher, genau wie der Mensch des gemeinen Menschenverstandes, gänzlich unbewußt handelt, indem er sein Denken in die ontologische Form gießt und eine Hypothese über die Wirklichkeit der Dinge aufstellt. Es ist also

kein Wunder, daß er trotz der metaphysischen Tendenz, die ihn treibt, nichts von dem Verfahren weiß, das er selbst anwendet. Der Naturforscher kann sich selbst beim Denken nicht besser beobachten als irgendein anderer Mensch. Gewiß kann es ihm bei einer besonderen Begabung gelingen, durch eine langsame und geduldige Analyse in einzelnen Fällen den wahren Weg zu erkennen, den seine Gedanken verfolgt haben; aber der Umstand, daß einer ein Naturforscher, und sogar ein großer Naturforscher ist, trägt dazu gar nichts bei. Das unterscheidende Kennzeichen des großen Naturforschers ist nämlich ein ausgeprägter wissenschaftlicher Instinkt, eine Art Divinationsgabe, die ihm gestattet, Zwischenstufen zu überspringen. Die Entdeckung ist, das hat man oft bemerkt, plötzlich da, sie ist ein Blitz, eine Erleuchtung, der natürlich eine lange vorbereitende Arbeit vorausgehen muß. Was Wunder, daß man ihre Entstehung nicht hat verfolgen können?

Daraus folgt, daß man nicht bei dem Naturforscher die Prinzipien suchen darf, die sein Denken wirklich geleitet haben, daß man ihm nicht einmal aufs Wort glauben darf, wenn er diese Prinzipien darzustellen vorgibt. Möglicherweise hat er sie ganz wo anders hergenommen als aus einer geduldigen Analyse seines eigenen Denkens. Meist hat er sie in irgendwelchen Büchern fertig vorgefunden, sie haben, ohne daß er es wußte, sein Denken durchdrungen, weil er sie sozusagen mit der ihn umgebenden geistigen Atmosphäre eingeatmet hat.

Daraus erklärt sich die Tatsache, daß man die Prinzipien der Wissenschaft auf einem falschen Wege gesucht hat, obwohl man angeblich den Naturforschern selbst genau gefolgt ist. Man hat sich nämlich damit begnügt, ihre methodischen Angaben zu übernehmen, ohne nachzuprüfen, ob sie selbst diese Methode auch wirklich angewandt haben. Auf diesem Irrtum beruht es, unseres Erachtens, wenn u. a. ein hervorragender zeitgenössischer Philosoph über die mathematische Physik sagt: „Von der Wesenheit der Dinge wendet sie sich zu ihrer zahlenmäßigen Ordnung und Verknüpfung, von ihrem substanziellen Innern zu ihrer funktionellen mathematischen Struktur“.¹

¹ ERNST CASSIRER, *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit*, Berlin 1906–07, Bd. 2, S. 530; vgl. unseren Aufsatz, *Revue de métaphysique*, Januar 1911, S. 122 f.

In der Tat kann man bei den Schöpfern der modernen exakten Wissenschaft, bei KEPLER, bei NEWTON, ja sogar bei DESCARTES, bei BOYLE und bei BOSCOVICH Erklärungen in dem angedeuteten Sinne finden. Betrachtet man aber ohne vorgefaßte Meinung das, was sie als Naturforscher geleistet haben, so bemerkt man leicht, daß sich ein ganz anderes Bild ergibt. So scheint z. B. BOSCOVICH im Titel seiner *Theoria* den Begriff der Kraft auf den des Gesetzes zurückzuführen. Studiert man aber das Werk selbst, so wird einem klar, daß er im Gegenteil die Kraft als ein wirkliches Wesen, ein Ding, als die wahre Essenz der Natur betrachtet, die er gesucht und entdeckt hat; wäre dem nicht so, so hätte seine Beweisführung gegen die Korpuskulartheorie gar keinen Sinn. BOYLE war, wie wir gesehen haben, einer der starrsten Atomisten, die die Geschichte der Naturwissenschaft aller Zeiten gekannt hat; er erfindet den Ausdruck „Korpuskulartheorie“ für die besondere Form der von ihm angenommenen und dauernd benutzten Theorie. Seinen Zeitgenossen, wie z. B. SPINOZA und LEIBNIZ,¹ ist sein Vorurteil in dieser Beziehung stark aufgefallen; und wenn er sich bemüht, einen Farbwechsel auf eine Ortsveränderung der Moleküle zurückzuführen, wie er das oft tut, so ist klar, daß es ihm nicht einfach darum zu tun ist, die Regel für einen Vorgang aufzustellen, sondern daß er seine wahre Natur, sein Wesen und seine Ursache aufklären möchte. Und was DESCARTES betrifft, so hat er sicher ebenso nach dem Wesen der Dinge gesucht wie die Scholastiker; aber im Gegensatz zu ihnen hat er es im Raum gefunden. Niemand hat hierüber bestimmtere und apodiktischere Aussagen gemacht als er. Dem gegenteiligen Scheine zum Trotz liegt die Sache bei KEPLER und NEWTON ähnlich. KEPLER hat zugleich mit dem Gesetz der Planetenanziehung ihre Ursache gesucht und darüber eine ganze Theorie aufgestellt. NEWTON hat trotz des *hypotheses non fingo* seine Optik auf die Emissionstheorie gegründet. Seine berühmte Definition der Masse durch die Dichte läßt sich offenbar, wie ROSENBERGER mit Recht hervorhebt,² nur durch die Annahme

¹ Vgl. oben S. 266.

² F. ROSENBERGER, *Isaak Newton*, Leipzig 1895, S. 173, 192. — Derselbe Autor weist auf den Widerspruch hin, der zwischen dem Titel *Philosophiae naturalis principia mathematica* und dem Inhalt dieses Werkes besteht, das ja tatsächlich nur eine Darstellung der Prinzipien der *Mechanik* enthält (a. a. O. S. 172); das liegt aber daran, daß NEWTON ebenso wie DESCARTES

einer sehr tief verankerten atomistischen Überzeugung erklären, und man kann begründete Zweifel daran hegen, daß er jemals die Gravitation als einfaches Gesetz aufgefaßt hat und jede wirkliche Hypothese verworfen hätte; im Gegenteil hat er offenbar zu allererst MORES halb theologische Hypothese angenommen und sogar versucht, ihr eine Art naturwissenschaftlichen Anstrich durch die Annahme eines besonderen Mediums zu geben; und er hat nachher zugelassen, daß CORES in der Vorrede zur zweiten Auflage der *Principia* von der Fernkraft wie von einem wirklichen Wesen sprach.¹

Diese Lage ist so klar, daß man sie bei der Aufstellung antisubstantialistischer Ansichten über die Wissenschaft nicht ganz hat ignorieren können. Im allgemeinen hat man die Schwierigkeit dadurch umgangen, daß man die fraglichen Arbeiten und Versuche als einfache Abweichungen aufgefaßt hat, indem man zu glauben vorgab, daß es sich um Teile handle, die zu dem Ganzen des betreffenden Werkes nicht wirklich gehörten und sich leicht davon trennen ließen. Nun ist es sicher, daß eine solche Trennung im Gegenteil äußerst schwer auszuführen wäre, sogar bei NEWTON, bei dem die *Optik* und die *Principia* einiger ihrer Hauptkapitel beraubt werden müßten. Und wollte man bei DESCARTES diesen Versuch machen, so müßte man, scheint es, seine *Principes* ganz und gar austreichen. Offenbar ist das wissenschaftliche Werk dieser großen Naturforscher in einem ganz anderen Sinne aufgebaut und geordnet, als die methodologischen Äußerungen vermuten lassen, die man gewöhnlich anführt.

Beim Beginn dieser Arbeit² haben wir erkannt, daß der Ursprung dessen, was man den positivistischen Irrtum nennen könnte, in der Verwechslung zwischen Gesetz und Ursache liegt, in der Verkenntung der Tatsache, daß wir nur eine *Synekdoche* benutzen, wenn wir eine Erscheinung durch ein Gesetz erklären. Aber die Tatsache, daß man bei vielen Naturforschern Äußerungen begegnet, die alles Suchen nach einem Wesen oder einer Ursache verwerfen, läßt sich, wie wir glauben, darüber hinaus noch unmittelbarer psychologisch erklären. Man muß bedenken, daß dieses Prinzip sehr einfach ist und sich in sehr präziser Form ausdrücken läßt, wie sie ihm z. B.

und LEIBNIZ fest überzeugt war, daß alles in der Physik sich auf Mechanik zurückführen lassen müsse.

¹ Vgl. hierzu Anhang I, S. 485.

² Vgl. I. Kap., S. 2 u. 30.

COMTE gegeben hat. Dadurch erhält es an und für sich etwas Verführerisches. Außerdem schmeichelt es dem Stolz des Naturforschers; denn es erweckt den Anschein, als sei dessen Forschungsgebiet gewissermaßen souverän, gänzlich unabhängig von allen anderen Tätigkeitsgebieten des menschlichen Denkens. So versteht man denn, daß der Positivismus das XIX. Jahrhundert, die Zeit des Aufblühens der experimentellen Untersuchungen, erobert hat. Aber es ist auch nicht zu verwundern, daß schon vor dieser Zeit viele Geister von dieser Ansicht, wenn auch nur unbewußt, verführt worden sind. Verwunderlich wäre eher das Gegenteil, und wenn sie in der Tat nicht früher aufgetreten ist und sogar, nachdem sie bereits klar ausgesprochen worden war (z. B. von BERKELEY), wieder verschwunden und alsbald wieder vergessen worden ist, so lag das nicht, wie man oft gesagt hat, an einer besonderen „tadelnswerten“ Hinneigung des menschlichen Geistes zur Ontologie, sondern daran, daß diese Auffassung dem wirklichen Verlauf der geistigen Entwicklung sowohl bei dem einzelnen Denker als auch in der Wissenschaft im ganzen durchaus widerspricht.

Was wäre eingetreten, wenn die Menschheit in der Vergangenheit die Ansichten BERKELEYS und COMTES angenommen und sich auf den Standpunkt gestellt hätte, daß es jenseits des Gesetzes keine Ursache gebe, oder wenigstens, daß man nach ihr nicht suchen dürfe? Der große idealistische Philosoph hat es vorsichtigerweise unterlassen, Anwendungen seines Prinzips anzugeben. Aber AUGUSTE COMTE hat sich genauer ausgedrückt. So hat er FOURIER gelobt, weil dieser die Wärme theoretisch behandelt hatte, ohne sich darum zu kümmern, ob sie ein Stoff oder eine Bewegung sei.¹ Auch hat COMTE geleugnet, daß die Undulationstheorie oder irgendeine andere „jemals bei der Leitung unseres Geistes in der wirklichen Untersuchung des Lichtes von Nutzen sein könnte“²; er war der Meinung, daß die „angeblichen optischen Interferenzen oder die analogen Überlagerungen in der Akustik wesentlich subjektive Erscheinungen seien“ und daß die entgegengesetzte Ansicht der Physiker „eine schwere Täuschung sei“.³ Ebenso behauptet er, daß jede An-

¹ COMTE, *Cours de philosophie positive*, 4. Aufl., Paris 1877, Bd. I, S. 18.

² A. a. O., Bd. II, S. 453.

³ Ders., *Politique positive*, Bd. I, S. 531. Diese Ansicht wirkt um so merkwürdiger, wenn man das Jahr (1851) berücksichtigt, in dem sie veröffentlicht wurde.

gleichung zwischen dem Licht, dem Schall oder der Bewegung immer eine „willkürliche Annahme“¹ bleiben würde; er hat ganz allgemein als Folgen „eines fortbestehenden Vorwiegens des alten philosophischen Geistes“ alle Tendenzen verdammt, die dahin zielen, Beziehungen zwischen dem festzustellen, was wir heute die verschiedenen Formen der Energie nennen.² Man kann sich übrigens leicht überzeugen, daß diese Irrtümer bei dem Begründer des Positivismus keineswegs zufällig waren. Geht man von der utilitaristischen Auffassung der Wissenschaft aus, so kann man, wie wir im ersten Kapitel gesehen haben, die erklärenden Hypothesen allenfalls rechtfertigen. Indessen wird die Vorliebe, die die Physiker für die atomistischen Vorstellungen bezeugen, in diesem Falle schwer erklärbar; man sieht also, daß die Verdammungsurteile COMTES gegen die Undulationstheorie usw. wirklich mit der Grundlage seiner Lehre zusammenhängen.

Die Prinzipien des Positivismus, oder jedenfalls ähnliche Prinzipien, sind seitdem mindestens dem Anschein nach von zahlreichen Naturforschern angenommen worden, die ebenso wie COMTE gegen die atomistischen Theorien Einspruch erheben zu müssen glaubten; aber in Wirklichkeit bleibt diese Ansicht trotz der Unterstützung, die sie durch MACHS große und begründete Autorität erfahren hat,

¹ *Cours*, Bd. II, S. 445.

² A. a. O., Bd. III, S. 152. Er hat diese Meinung noch 1851 vertreten, vgl. *Politique positive*, Bd. I, S. 528: „sechs irreduzible Zweige der Physik, vielleicht sieben“. — Es ist mindestens wahrscheinlich, daß andere Irrtümer COMTES, wenn auch weniger direkt, mit derselben Tendenz zusammenhängen: z. B. seine Ansicht über LAMARCKS Theorie von der Veränderlichkeit der Arten, die er als „irrationelle Hypothese“ bezeichnet (*Politique positive*, Bd. I, S. 665), ferner seine Begeisterung für die mittelmäßigen Ansichten eines GALL (*Cours*, Bd. III, S. 513, 534–587), eine Begeisterung, von der er auch am Ende seines Lebens nur sehr bedingt abgerückt ist (vgl. *Pol. pos.* I, S. 669 f.); hierher gehört auch seine Feindschaft gegen die organische Chemie, die ihm als ein „heterogenes und künstliches Sammelsurium“ erschien, das man zerstören müsse (*Cours*, III, S. 174), und gegen die er noch 1851 seine Angriffe wiederholte (*Pol. pos.* I, S. 550), d. h. mehr als zwanzig Jahre nach WÖHLERS Synthese des Harnstoffes (1828), nach der Entdeckung der Ammoniakverbindungen durch WURTZ (1849) und kurz vor dem Erscheinen von GERHARDTS Typentheorie (1853); schließlich auch das geringe Verständnis, das er der Entwicklung der allgemeinen Chemie entgegenbrachte, der er eine sonderbare Theorie der binären Verbindung aufzwingen wollte. (*Cours*, III, S. 81 f., VI, S. 614). Wahrscheinlich war diese Theorie weiter nichts als eine ungeschickte Verallgemeinerung der Vorstellungen von BERZELIUS, die schon damals von den Chemikern mehr und mehr aufgegeben wurden, weshalb sie von COMTE, da er den geringen Erfolg seiner Theorie feststellte, des „metaphysischen Geistes“ angeklagt wurden (*Pol. pos.*, I, S. 551).

heute so gut wie während des ganzen XIX. Jahrhunderts ohne den geringsten Einfluß auf die Entwicklung der Wissenschaft. Die Naturforscher stellen am Anfang des XX. Jahrhunderts immer noch atomistische Theorien auf, genau wie ihre Vorgänger es gemacht haben. Gewiß glauben nicht alle an die Wahrheit der Theorien, die sie ersinnen oder anwenden; aber alle glauben an ihre Nützlichkeit. Sie sehen in ihnen in Ermangelung von etwas Besserem ein sehr wertvolles Werkzeug der Forschung, eine „Arbeitshypothese“. Das ist aber eine äußerst wichtige Rolle. BACON glaubte, daß man durch sozusagen mechanische Induktionsverfahren zu naturwissenschaftlichen Entdeckungen gelangen könne; er hat sich außerordentliche Mühe gegeben, genaue Vorschriften auszuarbeiten, deren Anwendung bewirken sollte, daß „der Scharfsinn und die Geisteskraft ihren Besitzern wenig Vorteil mehr bietet“, und im Gegenteil „alle beinahe gleich“ machen sollte.¹ Es läßt sich nicht bestreiten, daß gewisse Regeln, die BACON genauer formuliert hat (wie z. B. die der begleitenden Veränderungen), bei wissenschaftlichen Überlegungen von Nutzen sind; aber man kann getrost behaupten, daß kein dieses Namens würdiger Naturforscher sich jemals streng an diese Regeln gehalten hat, und jedenfalls verdankt keine große oder kleine naturwissenschaftliche Entdeckung ihr Dasein der Anwendung jener Regeln.² Man kann, scheint uns, die Ansichten

¹ BACON, *Novum Organon*, I. Buch, Aph. 61. — Es ist sehr interessant, daß BACON genau wie COMTE und offenbar aus ähnlichen Gründen in seiner Beurteilung der großen Entdeckungen der Naturwissenschaft merkwürdig fehl gegriffen hat. So hat er z. B. KOPERNIKUS lebhaft getadelt (*Glob. int.*, VI. Kap.) und ebenso GILBERT; obwohl dessen Arbeiten über die Elektrizität ein echtes Erzeugnis naturwissenschaftlichen Geistes sind, war er BACON aufs tiefste zuwider (*Novum Organon*, I, § 54; II Aph. 48). — Natürlich denken wir nicht daran, AUGUSTE COMTE in dieser Frage ähnliche Ansichten wie die BACONS zuzuschreiben. Im Gegenteil! COMTE hat ständig die Notwendigkeit der Hypothese hervorgehoben; der absolute Empirismus ist seiner Ansicht nach „nicht nur vollkommen unfruchtbar, sondern für unsere Vernunft ganz und gar unmöglich“ (*Cours*, Bd. VI, S. 471). Nur gegen solche Hypothesen, die er als „metaphysisch“ bezeichnete, hat er Einspruch erhoben. Aber wenngleich dieser Standpunkt weniger radikal als der BACONS ist, hat er doch genügt, um ähnliche Irrtümer bei ihm hervorzurufen.

² ROSENBERGER, *Geschichte*, Bd. II, S. 191, stellt fest, daß BACON auf die wissenschaftliche Entwicklung nur einen sehr geringen Einfluß ausgeübt hat. BOYLE scheint zuweilen der Versuchung erliegen zu sein, wenn auch nicht BACONS Schemata (das wäre wahrscheinlich unmöglich gewesen), so doch einige seiner Prinzipien anzuwenden. ROSENBERGER glaubt, daß dieser Umstand daran Schuld sei, daß ihm die Entdeckung des Mariotteschen Gesetzes, zu dem er alle experimentellen Daten in der Hand hatte, schließlich doch entgangen ist.

BACONS nicht besser widerlegen, als indem man diejenigen dreier hervorragender Männer anführt, die zu den Schöpfern einer im strengsten Sinne experimentellen Wissenschaft gehören, wie sie die Chemie am Ende des XVIII. Jahrhunderts und in der ersten Hälfte des XIX. Jahrhunderts ist. „Um ein Experiment zu versuchen“, sagt BERTHOLLET „muß man ein Ziel vor Augen haben und von einer Hypothese geleitet sein“.¹ HUMPHRY DAVY behauptet, daß „wir das wahre System der Natur nur dadurch zu entdecken hoffen können, daß wir Theorien aufstellen und sie mit den Tatsachen vergleichen“.² Und schließlich erklärt LIEBIG, daß zwischen den Experimenten im Sinne BACONS und wirklichen wissenschaftlichen Untersuchungen „derselbe Unterschied bestehe, wie zwischen dem Geräusch, das ein Kind hervorbringt, wenn es die Pauke schlägt, und der Musik“.³ Und er hebt hervor, daß im Gegenteil die wissenschaftliche Phantasie bei den Entdeckungen die größte Rolle spielt, während das Experiment, ebenso wie die Rechnung, nur dazu dienen, den Denkprozeß zu unterstützen.

Unter unseren Zeitgenossen war es POINCARÉ, der in seinem Bericht auf dem internationalen Kongreß für Physik im Jahre 1900 auseinandergesetzt hat, daß alle Experimente unfruchtbar würden, wenn man ohne vorgefaßte Meinung experimentieren wollte, und daß es übrigens unmöglich sei, sich von derartigen Vorstellungen freizumachen⁴; DUHEM hat bewiesen, wie sehr die Experimente von den wissenschaftlichen Theorien abhängig sind,⁵ und hat die Unmöglichkeit des berühmten *experimentum crucis* hervorgehoben, das in der Baconischen Theorie eine so große Rolle spielt.⁶

Was an diesen Arbeitshypothesen den Naturforscher unmittelbar interessiert, ist allein ihre Fruchtbarkeit, ihre Eignung zur Anregung der Entdeckung von Beziehungen, die er vorher nicht vermutet hat. Welche Annahmen wären unter diesem Gesichtspunkt der Nützlichkeit jemals den mechanischen Hypothesen gleichgekommen? Im ganzen Reiche der Naturwissenschaften, das ihnen unterworfen ist, lassen sie unaufhörlich eine reiche Ernte wertvollster Entdeckungen

¹ BERTHOLLET, *Essai de statique chimique*, Paris 1803, S. 5.

² *Encyclopaedia Britannica*, 9. Aufl., Art. *Davy*, S. 847.

³ LIEBIG, *Reden und Abhandlungen*, Leipzig 1874, S. 249.

⁴ Congrès international de physique, Bd. I, S. 3.

⁵ DUHEM, *La théorie physique*, S. 300; vgl. oben S. 388 f.

⁶ A. a. O. S. 308.

hervorsprießen. Selbst da, wo die Naturforscher zunächst nur eine ganz oberflächliche Ähnlichkeit vermuten, enthüllen häufig spätere Untersuchungen ganz unerwartet tiefstliegende Analogien. Man erinnere sich, wie skeptisch zuerst KÉKULÉ'S Hypothese über die Struktur der Kohlenstoffverbindungen und die Lage der Atome im Molekül aufgenommen wurde; selbst nachdem bewiesen war, daß diese Vorstellung eine große Reihe von Erscheinungen ausgezeichnet erklärte, die bis dahin eine Art undurchdringliches Gestrüpp gebildet hatten, erschien sie vielen noch als viel zu grob. Und doch, in wie erstaunlicher Weise wurden diese Theorien zugleich erweitert und verifiziert durch die Entdeckungen LE BELS und VAN'T HOFFS über das asymmetrische Kohlenstoffatom!¹ Ebenso wunderbar ist die Rolle, welche die atomistischen Hypothesen bei den neuesten Fortschritten der Elektrizitätstheorie und ihrer Verknüpfung mit der Chemie durch die Arbeiten von SVANTE ARRHENIUS spielen. Und muß es nicht überraschen, wenn man feststellt, daß der größte Teil der irreversiblen Vorgänge, die doch ihrem Wesen nach kausalen Erklärungen unzugänglich scheinen, sich sozusagen als einem mechanischen Vorgang, der Reibung, nachgeformt erweisen, so daß die Physiker zu der Überzeugung gekommen sind, daß hier mehr als eine einfache Analogie vorliegt, daß diese Beziehung irgendwie die innere Natur jener Erscheinungen enthüllt!² Die Beispiele, die wir soeben angeführt haben, sind alle der jüngsten Vergangenheit, zum Teil sogar der Gegenwart entnommen; aber in einer weiter zurückliegenden Vergangenheit gab es auch solche Fälle; wir nennen, um nur einen berühmten Fall zu erwähnen, die so glänzend bestätigten Voraussagen, die man aus der Fresnelschen Theorie abgeleitet hat.³

Desgleichen beweist uns die Geschichte der exakten Naturwissenschaften, daß die Menschheit dank der atomistischen Vorstellungen tatsächlich gewisse Wahrheiten vorausgeahnt hat, daß sie also eine Art erratender Voraussicht entwickelt hat. Als die griechischen Atomisten behaupteten, daß die Luft, wie jeder andere

¹ Mit berechtigtem Stolz hat VAN'T HOFF daran erinnert, daß EMIL FISCHER bei seinen Untersuchungen, die zur Synthese des Traubenzuckers führten, von stereochemischen Überlegungen geleitet wurde (*Revue générale des sciences*, V, 1894, S. 272). Bekanntlich ist diese Theorie auch auf den fünfwertigen Stickstoff, auf das vierwertige Zinn und den vierwertigen Schwefel angewandt worden.

² H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse*, S. 208.

³ Vgl. DUHEM, *La théorie physique*, S. 43.

Körper, aus diskreten Teilen zusammengesetzt sein müsse, war das eine rein *a priori* gebildete Ansicht; durch keine damals bekannte Tatsache wurde sie bestätigt, im Gegenteil schienen alle Tatsachen zu beweisen, daß die Luft ein Kontinuum sei. Nun können wir aber heute experimentell zeigen, daß die letztere Ansicht unhaltbar ist, daß die Gase wirklich eine *Struktur* besitzen, daß sie diskontinuierlich sind.¹ Wenn die Chemiker des XIX. Jahrhunderts beharrlich hoffend an der Hypothese von der Einheit der Materie festhielten, so stritten auch sie anscheinend gegen die am sichersten bewiesenen experimentellen Tatsachen, welche die Grundlage ihrer eigenen Lehre bildeten. Dennoch sehen wir heute, wie die Erscheinung der Kathodenstrahlen, der radioaktiven Stoffe usw. jene Hypothese experimentell zu stützen im Begriffe stehen. Ähnliches gilt von dem, was sich bei der Reversibilität der chemischen Reaktionen abgespielt hat. Sicherlich war diese Annahme um die Mitte des XIX. Jahrhunderts den Gedanken der Chemiker völlig fremd (die Ideen BERTHOLLETS waren in dieser Hinsicht auf den Gang der Entwicklung fast ohne Einfluß); der Gebrauch des Gleichheitszeichens zur Verbindung der beiden Ausdrücke, aus denen eine sog. chemische Gleichung besteht, war, von diesem Gesichtspunkt betrachtet, gänzlich unberechtigt (vgl. S. 232 f.). Dieses Zeichen, eine greifbare Verkörperung des Kausaltriebes, drückte ein Postulat aus oder, wenn man will, eine Hoffnung, die im Lichte der damals herrschenden Theorien nicht nur unerfüllbar, sondern unsinnig erschien; denn die beiden Seiten der Gleichung sollten nach der herrschenden Auffassung den Anfangs- bzw. den Endzustand eines Vorgangs bezeichnen, der sich immer in derselben Richtung abspielt, ohne daß auf eine Umkehrung zu rechnen wäre. Um so erstaunlicher ist es, daß diese beinahe chimärische Hoffnung sich bis zu einem gewissen Grade erfüllt hat: heute erscheinen uns die chemischen Reaktionen im allgemeinen als reversibel, und wir können das Gleichheitszeichen, dessen Sinn verloren gegangen ist, durch die zwei Pfeile VAN'T HOFFS ersetzen.

Von allen diesen Vorgängen ist aber der auffälligste und wunderbarste die Existenz der Erhaltungsprinzipie. Vermöge des Kausaltriebes hatte die Menschheit sie vorausgeahnt; sie hatte den Begriff des substanziellen Atoms gebildet, lange bevor irgendeine Erfahrung

¹ Vgl. O. REYNOLDS, *Proceedings of the Royal Society*, Bd. 28, 6. Februar 1879.

über die Erhaltung der Materie vorlag, und sie stellte, wenn auch in unbestimmter Form, mechanistische Systeme auf, welche die Erhaltung der Bewegung voraussetzten, bevor man etwas von der Trägheit oder der Erhaltung der Energie wußte. Das geht so weit, daß diese Prinzipie einerseits zwar einfach ein Wissen auszudrücken scheinen, das die Menschheit zu allen Zeiten besessen hat, daß sie aber andererseits gleichsam die Grenzen der Hoffnung überschreiten, zu der man allenfalls berechtigt war. So hätten z. B. die Wärme und das Licht Bewegungen sein können, entsprechend dem Postulat der universellen Mechanistik, ohne daß es möglich gewesen wäre, diese Bewegungen der kleinen Teilchen in Massenbewegungen und umgekehrt zu verwandeln. So ungefähr stellten sich LEIBNIZ und HUYGENS die Sache vor und ebenso die Mehrzahl der mechanistischen Physiker vor der Entdeckung des Energieprinzips. Diese bildete also eine durchaus unerwartete Bestätigung. Ebenso hätte der entschiedenste Anhänger der Mechanistik im XIX. Jahrhundert vor dem Erscheinen der Arbeiten GOUYS nicht zu hoffen gewagt, daß es gelingen würde, die Bewegung der Moleküle vermittels ihrer unmittelbarsten mechanischen Wirkungen direkt sichtbar zu machen. Diese Fälle des Zusammentreffens haben nicht verfehlt, die Aufmerksamkeit der Philosophen auf sich zu lenken. Schon früher sahen wir (Kap. II., S. 91), daß COURNOT aus der Perennität der atomistischen Theorien geschlossen hat, daß ihren Erfindern möglicherweise „von vornherein der Schlüssel zu den Naturerscheinungen in die Hände gefallen sei“. An anderer Stelle glaubt er aus der Tatsache der Erhaltung des Gewichts schließen zu können, daß der Begriff der Substanz nicht nur eine logische Abstraktion sei, sondern „seinen Grund im Wesen der Körper habe“.¹ Bei zahlreichen zeitgenössischen Physikern kann man ähnliche Bemerkungen finden, durch die sie ihr Erstaunen über die Übereinstimmung ausdrücken, die zwischen den Vorstellungen unseres Geistes und den Ergebnissen der experimentellen Untersuchungen besteht. Dahin gehört auch POINCARÉ'S Bemerkung über die irreversiblen Vorgänge, die wir oben angeführt haben. Ein andermal gerät dieser Theoretiker in berechnete Verwunderung angesichts der überraschenden Analogie zwischen der elektrischen Schwingung und der Pendelbewegung.² BOLTMANN

¹ COURNOT, *Traité de l'enchaînement*, Paris 1861, S. 157.

² H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse*, S. 191.

stellt fest, daß „alle Konsequenzen der mechanischen Wärmetheorie, sogar diejenigen, die zu den entferntesten Gebieten gehören, durch die Erfahrungen bestätigt worden sind; man kann sogar sagen, daß sie bis in ihre feinsten Nüancen in erstaunlicher Weise mit dem Pulschlag der Natur übereinstimmen“.¹ HERTZ erklärt am Anfang seiner *Mechanik*, daß ganz allgemein, damit „die denknotwendigen Folgen der Bilder (die wir uns von den Dingen machen) stets wieder die Bilder von den naturnotwendigen Folgen der abgebildeten Gegenstände sein können, . . . gewisse Übereinstimmungen zwischen der Natur und unserem Geiste“ vorhanden sein müssen.²

Wir waren also im Unrecht, wenn wir vorhin die kausalen Hypothesen einfach als Hilfsmittel, als „Arbeitshypothesen“ behandelt haben. Sie sind mehr als ein bloßes Gerüst, das zu verschwinden bestimmt ist, wenn das Gebäude errichtet ist; sie haben ihren Wert für sich und entsprechen sicher etwas sehr Tiefem und Wesentlichem in der Natur selbst.

Die Übereinstimmung, die zwischen den Postulaten unseres Geistes und den äußeren Vorgängen besteht, überschreitet also — es ist wichtig, sich das klar zu machen — das Gebiet der reinen Gesetzmäßigkeit. Die Natur erweist sich nicht nur als geordnet, sondern bis zu einem gewissen Grade auch als wirklich begreifbar. Dieser Gesichtspunkt ist zuweilen verkannt worden. So hat z. B. SPIR zwar an vielen Stellen deutlich das Wirken des Identitätsprinzips in der Naturwissenschaft anerkannt und hat auch aus ihm die Atomistik und die Erhaltungsprinzipien abgeleitet, dennoch betont er an anderer Stelle, daß das, was in der Welt unverändert bleibt, allein die Ordnung der Erscheinungen ist, nicht ein wirkliches Objekt, noch eine Mehrheit von solchen, und daß die naturwissenschaftliche Erklärung mit der Bestimmung der Gesetze ihr letztes Ziel erreicht habe.³

¹ BOLTZMANN, *Über die Unentbehrlichkeit der Atomistik*, Wiedemanns Annalen, Bd. 60, 1897, S. 243; vgl. auch ders., *Vorlesungen über Gastheorie*, 2. Teil, Leipzig 1898, S. V.

² H. HERTZ, *Gesammelte Werke*, Leipzig 1894, Bd. III, S. 1.

³ SPIR, a. a. O., S. 209, 259. Daß ihn die Übereinstimmung zwischen der Erfahrung und unserer Vernunft nicht besonders in Erstaunen setzte, rührt wahrscheinlich davon her, daß er glaubte, die im Text erwähnten Deduktionen wären vollständig und es gingen in sie nur apriorische Elemente ein, so daß eine Bestätigung ihm überflüssig erschien.

Man hat zuweilen so getan, als hielte man die Atomistik in der heutigen Naturwissenschaft für eine Art von historischem Zufall. Das ist sicher ein Irrtum; die Atomistik hängt mit den tiefsten Gründen unserer Vernunft zusammen. Sicher tragen die Übereinstimmungen, die wir zwischen diesen Theorien und den Versuchsergebnissen feststellen, dazu bei, unsere Vorliebe für jene zu verstärken; aber unser Glaube beruht nicht ausschließlich auf dieser Übereinstimmung, er besteht schon, bevor wir von ihr wissen. Die Verkenntung dieser Tatsache verleitet dazu, jede Analogie zwischen den modernen atomistischen Theorien und denen der Alten zu leugnen; denn die Jainas oder DEMOKRIT konnten keine Tatsachen zugunsten ihrer Lehren geltend machen. Nun springt aber die erwähnte Analogie im Gegenteil in die Augen.

Man kann sogar die Frage aufwerfen, ob, alles in allem genommen, unser Glaube an die Atomistik stärker sein kann als der der Alten. Denn wir sehen auch Schwierigkeiten und Widersprüche, von denen sie nichts wußten. Bei LUKREZ enthalten die harten Körper, wie der Diamant oder der Fels, Atome, die miteinander verflochten sind; dagegen sind die der Flüssigkeiten rund, während der Rauch und die Flamme aus spitzen, aber nicht umgebogenen Atomen bestehen. Milch und Honig haben runde und glatte Atome, die des Wermuts sind dagegen mit Haken versehen; ebenso werden angenehme Vorstellungen durch glatte Atome übertragen, die unangenehmen dagegen durch rauhe.¹ Noch im XVII. und XVIII. Jahrhundert stellen Physiker und Chemiker mechanistische Theorien auf, die uns durch ihre Kühnheit in Erstaunen setzen. Bei LÉMERY sind die Säuren aus spitzen Teilchen zusammengesetzt²; BOYLE hält die Luftteilchen für kleine Spiralfedern³; BOERHAAVE vergleicht die verschiedenen Organe des menschlichen Körpers mit Pumpen, Federn, Sieben.⁴ Ach, wie weit sind wir davon entfernt, so einfache und klare Erklärungen aufzustellen! Und manchmal sind wir auch genötigt, Widersprüche zuzugeben. Die Übereinstimmung zwischen dem Rationalen und dem Wirklichen kann nämlich keine vollkommene sein. So überraschend es auch ist, daß die irreversiblen

¹ LUKREZ, II. Buch, Vers 388 f.

² DUHEM, *Le mixte*, S. 20. — Vgl. KOPP, *Geschichte*, Bd. III, S. 31.

³ A. a. O. S. 28.

⁴ DASTRE, *La vie et la mort*, S. 32.

Vorgänge mit Hilfe der statistischen Methode bis zu einem gewissen Grade mechanisch erklärbar sind (ein neues Beispiel für die soeben erwähnten Übereinstimmungen), so hat diese Tatsache doch nicht diejenige Tragweite, die man ihr zuerst zuzuschreiben versucht sein könnte. Diese Erklärung würde uns nämlich nicht befriedigen, auch wenn sie vollständig wäre. Denn die Mechanistik hat an sich keine erklärende Kraft, sondern erhält diese nur dadurch, daß sie eine kausale Aussage darstellt, d. h. daß sie auf die Identität begründet ist. Nun können wir aber zweifellos unseren Kausaltrieb nicht vollständig befriedigen, denn letzten Endes verlangt er ja die Vernichtung des Vorganges überhaupt.

Wäre übrigens die Übereinstimmung vollständig, ließe sich die Natur ganz und gar erklären und begreifen, so müßte es möglich sein, sie *a priori* zu konstruieren. Denn der Ausdruck *begreiflich* kann nichts anderes bedeuten als *auf rein rationale Elemente zurückführbar*. Es ist wohl kaum nötig, zu betonen, daß dadurch der Fortschritt in der Naturerkenntnis keineswegs ausgeschlossen wäre. Die Menschheit mußte Jahrhunderte warten, bis ihr gewisse Eigenschaften des Kreises und der Ellipse enthüllt wurden, obgleich doch diese Eigenschaften, wie wir wissen, implizite in der Definition dieser Kurven enthalten waren; können wir sie doch aus ihnen mit Hilfe einer kleinen Anzahl von Postulaten und Axiomen, die zu allen Zeiten als gültig anerkannt worden sind, rein syllogistisch ableiten. Aber beim Kreis und bei der Ellipse brauchen wir keine Experimente. Was sollten sie auch hier, wo es sich um eine völlig rationale Deduktion handelt? Daß man auch mit der Natur in dieser Weise verfahren, m. a. W. daß man durch reine Deduktion zur Erkenntnis der Natur gelangen könne, das haben manche großen Geister allerdings angenommen. Wahrscheinlich waren viele von den alten Atomisten dieser Ansicht. Auch DESCARTES scheint das geglaubt zu haben. Er beansprucht nachdrücklich für die von ihm aufgestellten Prinzipien eine absolute Gewißheit und macht sich anheischig, die ganze Natur aus ihnen abzuleiten. Freilich belehrt ihn sein starker naturwissenschaftlicher Instinkt, daß man Versuche nicht ganz entbehren kann. Daher hat er ihnen auch in seinem System einen bescheidenen Platz angewiesen; aber er kann sie nur durch eine gewisse Inkonsequenz einführen. Er behauptet nämlich, daß, wenn man sich der Wirklichkeit nähert, sich herausstellt, daß aus den von ihm auf-

gestellten Prinzipien verschiedene Folgerungen gezogen werden können, und dann müsse die Erfahrung entscheiden, welche von diesen Folgerungen verwirklicht seien.¹ Wenn aber Prinzipien und Deduktionen vollständig rational sein sollen, so sieht man nicht ein, wie es möglich ist, daß das Ganze sich nicht zu einer einzigen Kette von Syllogismen zusammenschließt, die folglich der Erfahrung keine Wahl mehr übrig ließe. Nach DESCARTES geht SPINOZA von denselben Prinzipien aus und verfährt mit jener unerbittlichen Logik und der „Metaphysiktrunkenheit“, die diesen wunderbaren Geist kennzeichnete. Er spricht das Postulat der Begreiflichkeit in der absolutesten Form aus: „die Ordnung und der Zusammenhang der Vorstellungen sind dieselben wie Ordnung und Zusammenhang der Dinge“.² Er beweist diesen Satz mit Hilfe eines „Axioms“, das die Wirkung gleich der notwendigen, logischen Folge setzt. Aber SPINOZA, der die Mathematik kannte, war kein Physiker und hat vorsichtigerweise darauf verzichtet, dieses Prinzip auf die Naturwissenschaft anzuwenden. Von LEIBNIZ hatten wir schon gesehen, wie sehr er davon überzeugt war, daß alles in der physischen Welt auf mechanische Weise geschehen müsse; er glaubte auch an die unbedingte Herrschaft des zureichenden Grundes, und der Satz, in dem er diese Ansicht ausdrückte (wir haben ihn oben S. 17 angeführt), läuft im Grunde auf den des SPINOZA hinaus. Aber weil LEIBNIZ einen umfassenderen und weniger absoluten Geist als jener besaß, behauptete er andererseits, daß es zufällige Wahrheiten gibt, die eine unendliche Analyse erfordern und deswegen nur von Gott selbst als notwendig anerkannt werden könnten.³

Im XIX. Jahrhundert kommt HEGEL, was die Begreiflichkeit betrifft, auf SPINOZAS Postulat zurück, wenngleich er in einer Art Inkonsequenz verkündet, daß die Metaphysik der Erfahrung folgen und nicht ihr vorangehen müsse, und versucht, „das ganze System

¹ DESCARTES, *Discours de la méthode, Oeuvres*, Bd. VI, Paris 1902 S. 64 f.

² SPINOZA, *Ethik*, II. Teil, 7. Satz; „*Ordo et connexio idearum idem est ac ordo et connexio rerum*.“ Das lag unstreitig in der Linie des Cartesianismus, aber es soll damit natürlich nicht gesagt sein, daß SPINOZA nicht auch aus anderen Quellen geschöpft hätte. GIORDANO BRUNO hatte schon gesagt: „*Primo dunque voglio che notiate essere una e medesima scala per la quale la natura discende a la produzion de le cose e l'intelletto ascende a la cognizion di quelle* (De la causa, herausgeg. v. WAGNER, Leipzig 1890, S. 285).

³ LEIBNIZ, *De scientia universalis, Opera*, Ausg. ERDMANN, S. 83.

derzeugenden Ideen der Natur“ *a priori* zu deduzieren¹; und bekanntlich hat sich H. TAINE, wenigstens hinsichtlich des Postulates der Begreiflichkeit, laut als sein Schüler bekannt.

Welche Ergebnisse sind nun für die Naturwissenschaft bei diesen Bemühungen so großer Geister herausgekommen? Lassen wir die Grundlagen der kinetischen Theorien beiseite, die, wie wir sahen, auf eine Deduktion zurückführbar sind; dann bleibt nichts weiter übrig als jene Art von Vorahnung der Erhaltungsprinzipie, von der wir früher gesprochen haben und die in der Tat seit dem Altertum dazu geführt zu haben scheint, daß man von der Materie behauptete, ihr Gewicht bliebe erhalten. Dagegen scheiterte jeder Versuch, die Natur im ganzen zu deduzieren, aufs kläglichste. Sicherlich bedeutet DESCARTES' Werk die größte Kraftanstrengung, die die Menschheit auf diesem Gebiete jemals gemacht hat. Dieser riesige, zyklische Bau erfüllt uns mit beinahe religiöser Ehrfurcht. Aber leider ist dieser Palast eine rettungslos verlorene Ruine. Wer glaubt heute noch an die kartesischen Wirbel, an die drei Elementarstoffe oder an die gerieften Atome, lauter Dinge, für die er eine „mehr als moralische Gewißheit“ in Anspruch nahm? Gewiß muß man manche Teile von DESCARTES' Deduktionen, so das Trägheitsprinzip und das Prinzip der Erhaltung der Bewegung (wenngleich dieses falsch formuliert war), unter die größten Fortschritte der Naturwissenschaft zählen; sie passen aber gerade in den oben angegebenen Rahmen. LEIBNIZ hat auf jede allgemeine deduktive Konstruktion verzichtet; er hat mit sicherem naturwissenschaftlichem Instinkt sein Prinzip der Äquivalenz von Ursache und Wirkung da angewandt, wo es zur Entdeckung und zum Beweise des Prinzips von der Erhaltung der lebendigen Kraft nötig war. Die Ohnmacht der reinen Deduktion tritt auch deutlich bei KANT hervor. Dieser glaubte, wie wir sogleich sehen werden, nicht an die vollständige Begreiflichkeit der Natur, er hat sich bemüht, innerhalb der Naturwissenschaft die Grenze zu ziehen zwischen dem Teil, der *a priori* deduzierbar ist, und dem, der auf Erfahrung beruht. Dennoch hat er der reinen Deduktion zuviel zugetraut. Seine Ergebnisse stehen zwar im Einklang mit der Naturwissenschaft seiner Zeit und mit den Folgerungen, die ein so großer Geist wie er daraus zu ziehen ver-

¹ HEGEL, *Vorlesungen über die Naturphilosophie*, Werke, Berlin 1842, Bd. VII, Vorrede von MICHELET, S. XV.

mochte. So schließt er, daß die Anziehungskraft proportional den Massen und umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung einen wesentlichen Bestandteil des Begriffs der Materie bilde; aber auf Grund derselben Deduktion behauptet er eine Abstoßungskraft, welche der dritten Potenz der Entfernung umgekehrt proportional sein soll.¹ Indessen liefern die Werke der deutschen Metaphysiker der unmittelbar folgenden Zeit den deutlichsten Beweis für die Unfruchtbarkeit von Spekulationen *a priori* in der Naturwissenschaft. Nichts ist in dieser Hinsicht so lehrreich wie (um nur eine kleine Zahl besonders schlagender Beispiele auszuwählen) SCHELLINGS Deduktionen über die Verdampfung und Kondensation des Wassers,² über die Ellipse als Bahn der Himmelskörper³ sowie die HEGELS über die Reflexion und Polarisation,⁴ über die Natur des Lichts,⁵ über die Verlangsamung der Pendelschwingungen unter dem Äquator,⁶ über die Kohlensäure, die das Kali „erst aus der Luft macht, um sich abzustumpfen“,⁷ oder über die Notwendigkeit einer Lücke im Planetensystem zwischen Mars und Jupiter,⁸ eine Notwendigkeit, die im selben Augenblick bewiesen wurde, in dem PIAZZI den ersten kleinen Planeten, Ceres, entdeckte.

Aber die Philosophen waren nicht die einzigen, die solche Deduktionen versucht haben; auch die Naturforscher selbst haben manchmal geglaubt, aus rein abstrakten Prinzipien schließen zu können, und sind dadurch gleichfalls in schwere Irrtümer verfallen. FOUILLÉE⁹ hat einige von ihnen angeführt, und es zeigt sich, daß unter ihren Urhebern Männer von großem Namen in der Naturwissenschaft sind: PRÉVOST und DUMAS, J. MÜLLER, MAGENDIE, PASTEUR.

Dieser Mißerfolg der Deduktion kann uns nicht überraschen. Wir wissen, daß die Vernunft von Identität zu Identität fortschreitet; sie kann also die Mannigfaltigkeit der Natur nicht aus sich selbst erzeugen. „Die metaphysische Notwendigkeit, die immer und über-

¹ KANT, *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*, Akademieausgabe, Bd. IV, S. 511.

² SCHELLING, *Werke*, Stuttgart 1856, Bd. IV, S. 501.

³ A. a. O. S. 271.

⁴ HEGEL, a. a. O. § 278. — ⁵ A. a. O. § 276. — ⁶ A. a. O. § 270. — ⁷ A. a. O. § 332.

⁸ HEGEL, *De orbitis planetarum*, Jena 1807. Die Entdeckung PIAZZIS erfolgte am 1. Januar desselben Jahres.

⁹ FOUILLÉE, *Le mouvement positiviste*, Paris 1896, S. 19.

all dieselbe ist, kann keine Mannigfaltigkeit erzeugen“, sagt NEWTON.¹ Im Gegensatz zu SPINOZAS Postulat kann die Ordnung der Natur mit derjenigen des Denkens nicht völlig zusammenfallen. Wäre das nämlich der Fall, so müßte in Zeit und Raum vollständige Identität herrschen; d. h. die Natur würde nicht existieren. M. a. W., die Existenz der Natur ist an und für sich schon ein schlüssiger Beweis dafür, daß sie nicht vollkommen begreiflich sein kann.

Das Identitätsprinzip ist die umfassendste Hypothese, die wir aufstellen können; denn sie ist auf das Ganze der Sinnenwelt anwendbar; aber in ihrer Bedeutung als Hypothese gleicht sie keiner anderen. Bei jeder anderen Hypothese können wir uns nämlich der Illusion hingeben, daß sie auf alle Erscheinungen anwendbar sei, die sie erklären soll. Aber bei der Identität wissen wir von vornherein, daß sie zum Scheitern verurteilt ist; und zwar nicht nur hinsichtlich des gesamten Bereiches der Tatsachen, auf die sie sich bezieht, d. h. des ganzen Universums, sondern auch bei der Erklärung jeder einzelnen Tatsache. Kein einziger Vorgang ist vollständig erklärbar, auch der unbedeutendste nicht. Wir mögen noch so viel versuchen, den Vorgang auf andere zurückzuführen, ihn durch immer einfachere zu ersetzen; jede solche Zurückführung bedeutet einen Riß in der Identität, bei jeder geben wir einen Fetzen von ihr auf, und schließlich bleiben an den Endpunkten unserer Erklärung die beiden Rätsel, die übrigens nur verschiedene Aspekte von einem und demselben Rätsel sind: die Empfindung und die transitive Wirkung zurück. Um dieses doppelte Rätsel zu lösen, das offenbar der Natur zutiefst zugrunde liegt, müßten wir die effiziente Kausalität begreifen, d. h. die Wechselwirkung der Substanzen; von ihr aber wissen wir, daß sie unserem Verstande unzugänglich, daß sie „irrational“ ist. Man hat zuweilen das Gegenteil behauptet, aber nur weil man sie mit der wissenschaftlichen Kausalität verwechselte, die etwas völlig anderes ist, die die Identität ist und im Gegenteil das Wesen unseres Verstandes ausmacht. Auf der anderen Seite hat man versucht, auch diese wissenschaftliche Kausalität aus der Naturwissenschaft auszuschließen; das beruhte darauf, daß man denselben Irrtum, die Gleichsetzung der wissenschaftlichen mit der effizienten Kausalität,

¹ NEWTON, *Prinzipien*, S. 510. — Aus dem Zusammenhang ergibt sich, daß er „die ganze in bezug auf Zeit und Ort herrschende Verschiedenheit aller Dinge“ im Auge hat.

im umgekehrten Sinne beging. Jenen ersten Irrtum finden wir bei DESCARTES und SPINOZA, diesen zweiten bei BERKELEY und bei COMTE. Jene glaubten an die allgemeine Begreiflichkeit, während diese die Wissenschaft auf die Erkenntnis der Gesetze beschränken und damit behaupten, daß die Begreiflichkeit in der Naturwissenschaft überhaupt nichts zu suchen hätte, m. a. W., daß nichts begreiflich sei.

Der richtige Weg ist von KANT angegeben worden: zwischen unserer Vernunft und der Wirklichkeit besteht wohl eine Übereinstimmung, aber sie besteht nur teilweise; denn letzten Endes stoßen wir auf Widersprüche, die wir Antinomien nennen. Die Wirklichkeit ist teilweise begreiflich, und unser naturwissenschaftliches Wissen setzt sich aus Elementen *a priori* und solchen *a posteriori* zusammen.

Aber wenn KANT in zwei bewunderungswürdigen Werken, den *metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft* und der Abhandlung *vom Übergange von den metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft zur Metaphysik* die Grenze zwischen jenen beiden Arten von Elementen zu ziehen versucht, so können wir dem großen Philosophen nicht mehr bis ans Ende folgen. Wir haben oben einige Ergebnisse erwähnt, zu denen er gelangt; sie zeigen klar, daß er der Deduktion einen zu großen Platz eingeräumt hat. So sagt er bei der Erörterung über die Erhaltung der Materie: „aus der allgemeinen Metaphysik wird der Satz zum Grunde gelegt, daß bei allen Veränderungen der Natur keine Substanz weder entstehe, noch vergehe, und hier wird nur dargetan, was in der Materie die Substanz sei“.¹ Wie wir gesehen haben, ist dies in der Tat die wahre Grundlage des Satzes. Aber für KANT ist der letzte Teil seiner Aussage gleichfalls *a priori* gültig: der Begriff der Materie schließt für ihn nicht nur den der Masse, sondern auch den des Gewichts ein, ebenso wie der Begriff der Bewegung den der Geradlinigkeit und Gleichförmigkeit, d. h. die Trägheit einschließt.

Nach KANTS Meinung enthält die Naturwissenschaft einen *reinen* Teil, d. h. einen rein rationalen, der folglich ganz *a priori* erkannt wird. Dieser Teil umfaßt nicht nur, was wir seit AMPÈRE Kinematik nennen (und was dem entspricht, was KANT als *Phoronomie* bezeichnete), sondern auch einen Teil der Mechanik. Dem ist jedoch nicht so; es gibt keine reine Mechanik, ja nicht einmal eine reine Kine-

¹ KANT, Akademieausgabe, Bd. IV, S. 541.

matik. Unsere heutige Kinematik setzt das Trägheitsprinzip und die Zusammensetzung der Bewegungen voraus. Denn was sollte es für einen Zweck haben, wie es einmal vorgeschlagen worden ist,¹ geradlinige „Strecken“ zusammenzusetzen, wenn man nicht stillschweigend dabei voraussetzt, daß die Körper sich geradlinig bewegen und ihre Bewegungen sich in dieser Weise zusammensetzen? Nehmen wir an, wir wollten die Bewegungen der Himmelskörper auf Grund der noch zu KOPERNIKUS Zeit herrschenden Theorie behandeln, daß die natürliche Bewegung die kreisförmige sei. Offenbar würden wir unsere apriorische Kinematik nicht wiederfinden.

Will man durchaus die Kinematik zu einer rein rationalen Wissenschaft machen, die in keiner Weise auf die Erfahrung Bezug nimmt, so bleibt nur übrig, sie in hypothetischer Form darzustellen. Unter dieser Bedingung läßt sie sich in voller Strenge ableiten, und man hat nachträglich nur zu beweisen, daß ihre Ergebnisse mit der Erfahrung übereinstimmen. Aber das ist nicht KANTS Auffassung.

Das Verdienst, das KANT sich auf diesem Gebiete erworben hat, wird dadurch nicht geringer. Seinen Spuren folgend hat WHEWELL die Art, wie wir uns die Rolle der Deduktion und die der Erfahrung bei gewissen naturwissenschaftlichen Aussagen vorzustellen haben, richtig dargestellt. „Es ist ein Paradoxon“, sagt er in der Einleitung zu seiner *Philosophie der induktiven Wissenschaften*, „daß die Erfahrung uns zu Wahrheiten führt, die scheinbar notwendig und, nach allgemeiner Ansicht, universell gültig sind, wie z. B. die Bewegungsgesetze. Die Lösung dieses Paradoxons besteht darin, daß diese Gesetze Interpretationen der Axiome der Kausalität sind. Diese Axiome gelten allgemein und notwendig; aber die richtige Interpretation der in ihnen auftretenden Ausdrücke wird uns von der Erfahrung gelehrt. Unsere Idee der Ursache liefert die *Form* und die Erfahrung den *Inhalt* dieser Gesetze“.² An einer anderen Stelle betont WHEWELL, nachdem er dieselbe Theorie dargestellt hat, daß „ohne die Lehren der Erfahrung die Bewegungsgesetze niemals deutlich hätten erkannt werden können“.³ Und wenn er

¹ Vgl. CALINON, *Étude critique sur la mécanique*, Nancy 1885, S. 12 f.

² WHEWELL, *The Philosophy of the Inductive Sciences*, London 1840, S. XXVII.

³ A. a. O. S. 239.

sich auch zuweilen etwas widerspruchsvoll ausdrückt¹ und diese Methode nicht auf die Erhaltung des Gewichts angewandt hat (diese hielt er, wie wir angedeutet haben, für gänzlich *a priori*, weil für ihn wie für KANT der Begriff des Gewichts in dem der Substanz enthalten war),² so kann man ihm doch nicht das Verdienst absprechen, als erster die besondere Natur der Aussagen klar erkannt zu haben, die aus dem Identitätsprinzip abgeleitet werden. WHEWELLS Behauptung ist später häufig mit den notwendigen Korrekturen wieder aufgenommen worden.³ Indessen hat diese Lösung längst nicht in dem Maße, wie sie es verdient, die Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Sogar hinsichtlich des Ursprungs der Erhaltungsprinzipie bestehen noch immer Zweifel. Gewiß drückt POINCARÉ das allgemeine Gefühl der heutigen Naturforscher aus, wenn er die „kleinen Gründe“ für die scheinbare Anomalie sucht, die darin besteht, daß das Energieprinzip gewissermaßen einen „bevorzugten Platz“ einnimmt, d. h. daß wir ihm eine Bedeutung zuschreiben, die über die experimentellen Grundlagen des Prinzips weit hinausgeht.⁴ Desgleichen erklärt HELM in bezug auf die Erhaltung der Energie, man müsse alle Betrachtungen, die sich auf das Kausalprinzip gründen, aus der exakten Forschung verbannen und sie in die Metaphysik verweisen.⁵

Wie der Leser gesehen hat, ist die Tatsache, daß die Erhaltungsprinzipie eine besondere Klasse von Sätzen bilden, die aus dem Kausalprinzip folgen, für uns von ganz besonderer Bedeutung; denn sie scheint uns geeignet, ein helles Licht auf die Art zu werfen, wie die Wissenschaft und sogar wie unsere ganze Erkenntnis der Außenwelt entsteht. Wir haben daher auch unser Möglichstes getan, um diese Auffassung der Erhaltungsgesetze durch das Studium ihrer Entwicklungsgeschichte und eine logische Zergliederung ihres Inhalts zu begründen.

Das wahrhaft Apriorische in der Naturwissenschaft ist also in erster Linie die Reihe der Postulate, deren wir für die empirische

¹ Vgl. z. B. a. a. O. S. 213, wo er zu behaupten scheint, daß das Trägheitsprinzip unabhängig von der Erfahrung hätte entdeckt werden können, und S. XXIV, wo die Kinematik als gänzlich *a priori* erscheint.

² Vgl. oben S. 182.

³ Vgl. oben S. 151 f.

⁴ H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse*, Paris, S. 157.

⁵ HELM, *Die Lehre von der Energie*, Leipzig 1889, S. 41.

Wissenschaft bedürfen, d. h. die wir brauchen, um folgende Aussage zu machen: die Natur ist geordnet, und wir können ihren Lauf erkennen. Diese rein empirische Wissenschaft ist jedoch eine künstliche Schöpfung, und die *Naturwissenschaft* ist nicht ausschließlich empirisch; sie besteht darüber hinaus in der stufenweisen Anwendung des aus dem Wesen unserer Vernunft entspringenden Identitätsprinzips auf die Erkenntnis der Natur. Aber wir können aus diesem Prinzip keine bestimmte Behauptung durch bloße Deduktion ableiten; deswegen gibt es, im Gegensatz zu KANTS Annahme, keine *reine* Naturwissenschaft. In dem Bestreben, die Vorgänge zu erklären, suchen wir sie den Anforderungen dieses Prinzips anzupassen; daher macht sich sein Eingreifen in der Wissenschaft als Tendenz, nämlich als die kausale Tendenz geltend.

Wir stellen fest, daß sich die Natur in hohem Grade *plastisch* (nach einem Ausdruck von WILLIAM JAMES)¹ erweist, daß sie sich weitgehend dieser Tendenz unserer Vernunft fügt; wir wissen aber auch, daß wir an eine unübersteigliche Grenze gelangen, wenn wir die Dinge bis zum Äußersten treiben. Innerhalb dieser Grenze jedoch können wir auf keine Weise im voraus angeben, wo und wie wir das Prinzip anwenden und unseren Kausaltrieb befriedigen können. M. a. W.: wenn wir auch wissen, wo, um mit SPINOZA zu sprechen, die Analogie zwischen der Ordnung unserer Gedanken und derjenigen der Dinge sicher endet, so erlaubt uns doch keine Überlegung *a priori* anzugeben, wo sie besteht. Ob es sich darum handelt, die Erscheinungen mechanistisch zu erklären oder Erhaltungssätze zu formulieren oder die Zeit zu eliminieren oder schließlich die Materie auf den Äther zurückzuführen, immer können wir nur so verfahren, daß wir die Wirklichkeit untersuchen, daß wir beobachten, experimentieren und unsere Schlüsse den Ergebnissen dieser Beobachtungen und Experimente anzupassen suchen. Unser Verstand empfängt sehr bereitwillig jede kausale, erklärende Aussage, d. h. jede Aussage, die auf die Zurückführung auf die Identität abzielt; jeder Satz dieser Art erscheint ihm plausibel; aber diese Bereitwilligkeit ist auch das einzige, was an diesen Aussagen *a priori* ist, alles übrige ist empirisch. Und wenn auch BACON die Bedeutung der nicht-empirischen Bestandteile der Naturwissenschaft gänzlich ver-

¹ W. JAMES, *Le dilemme du déterminisme*, Critique philosophique, XIII, 2, S. 274.

kannt oder vielmehr ausdrücklich geleugnet hat, so bleibt es doch sein unsterbliches Verdienst, in einer Zeit, da die Deduktion allein in Ansehen stand, die Notwendigkeit experimenteller Untersuchungen mit großer Beredsamkeit verkündet zu haben.

Aus der Art, wie unser Verstand bei der Anwendung des Identitätsprinzips verfährt, erklärt es sich, daß er dabei Irrtümern unterworfen ist. Man hat Erhaltungsprinzipie formuliert, die die Wissenschaft in der Folgezeit wieder ganz fallen lassen mußte; in anderen Fällen mußte man ihren Inhalt, den Ausdruck dessen, was sich erhält, von Grund aus umformen. Von der einen und der anderen Möglichkeit haben wir im Verlaufe unserer Arbeit Beispiele gesehen. Zur ersten Kategorie gehört BLACKS Prinzip der Erhaltung des Wärmestoffs: dieser Satz erscheint uns heute als offensichtlich irrtümlich und, was noch mehr besagen will, als im Widerspruch stehend zu Tatsachen der Erfahrung des täglichen Lebens wie z. B. der Erzeugung von Wärme durch Reibung. Dennoch hat er lange Zeit als sicher bewiesen gegolten, als eine der festesten Grundlagen der Physik. Ein Beispiel der zweiten Kategorie bildet DESCARTES' Prinzip der Erhaltung der Bewegung. DESCARTES fühlte wohl, daß bei der Übertragung der Bewegung irgend etwas sich erhalten müsse. Freilich erkennen wir heute, daß auch in dieser unbestimmten Form der Satz weit davon entfernt ist, rein *a priori* zu gelten; denn daß ein Körper imstande ist, seine eigene Bewegung auf einen anderen zu übertragen, ist eine Tatsache, und zwar eine solche, die durch keinerlei Deduktion bewiesen werden kann, weil sie unbegreiflich ist. Aber die Deduktion ist so ungeeignet, uns in dieser Frage zum Ziel zu führen, daß DESCARTES bei der Suche nach dem, was sich erhält, auf einen falschen Weg geraten ist und daß seine Zeitgenossen seinen Irrtum geteilt haben.

Man kann noch andere Beispiele anführen. So hat z. B. zu Anfang des XVII. Jahrhunderts QUERCETANUS (DU CHÊNE) behauptet, daß man eine Pflanze oder wenigstens ihre wesenhafte Gestalt aus ihrer Asche in einer Lösung wiederherstellen könne. Damit wurde gewissermaßen das Fortbestehen der Spezifität einer Pflanze nach ihrer Verbrennung behauptet. Diese als *Pallingenese* bezeichnete Theorie fand, obwohl sie auf groben Beobachtungsfehlern beruhte, sofort viele Anhänger und erhielt sich lange Zeit trotz der Wider-

legungen von VAN HELMONT und KUNCKEL.¹ Im XVIII. Jahrhundert stand die Hypothese von der Präformation der Keime, die anscheinend zuerst von LEIBNIZ² ausgesprochen worden ist, aber von HALLER ihre endgültige Form erhielt, in großem Ansehen. Diese Theorie behauptet bekanntlich, daß die ersten Individuen bereits bei ihrer Erschaffung die Keime aller anderen Wesen individualisiert in sich getragen hätten, aus denen im Laufe der Jahrhunderte ihre Nachkommenschaft bestehen sollte; man ist geneigt, eine solche Theorie als bloße wissenschaftliche Kuriosität zu behandeln. Aber gut unterrichtete Beobachter belehren uns, daß die Elemente dieser Anschauung sich bis auf den heutigen Tag in den modernsten Ansichten der Embryologie erhalten haben und daß im übrigen HALLERS Hypothese ebenso wie die späteren Theorien aus derselben Neigung unseres Geistes entspringen, nämlich aus dem Wunsche, die Genese durch eine Epigenese zu ersetzen, d. h. das Werden als bloßen Schein zu behandeln, hinter dem sich eine wirkliche zeitliche Identität verbirgt.³

Noch näher der Gegenwart, um 1872, hat G. PREYER, ein angesehener Physiologe, ein Prinzip aufgestellt, das er „Gesetz der Konstanz des organischen Lebens“ nannte; dieses Prinzip hat zu lebhaften Erörterungen Anlaß gegeben, ist aber schließlich fast einstimmig abgelehnt worden, weil es mit den Tatsachen in allzu krassem Widerspruch stand.⁴ Offenbar vermag also unser Kausaltrieb, d. h. die Begierde, mit der unser Verstand alles ergreift, was irgendwie nach einer Identitätsaussage aussieht, uns zu Irrtümern zu verleiten, und bedeutet insofern eine gewisse Gefahr, die allerdings nicht sehr groß ist und durch die Kontrolle der Erfahrung mit ausreichender Sicherheit ausgeschaltet werden kann.

Kann man nun aus den vorstehenden theoretischen Erwägungen Anweisungen über die von der Naturwissenschaft zu befolgenden Methoden ableiten? Alles in allem genommen scheinen unsere

¹ Vgl. KOPF, *Geschichte*, Bd. I, S. 111; Bd. II, S. 243 f.

² Vgl. COUTURAT, *Revue de métaphysique*, XI, 1903, S. 92.

³ Vgl. LE DANTEC, *Les Néo-Darwiniens*, *Revue philosophique*, XLVIII, 1899. F. HOUSSAY, *Les théories atomiques en biologie*, *Congrès de philosophie* de 1900, Bd. III, u. APPUEN, *La théorie de l'épigenèse*, *Congrès de philosophie* de Genève 1904, Bericht von COUTURAT in der *Revue de métaphysique*, XII, 1904, S. 1059. — Übrigens hatte HALLER selbst als Grundlage seiner Theorie das Prinzip angegeben: „Es gibt kein Werden“ (a. a. O.).

⁴ Vgl. DASTRE, *La vie et la mort*, S. 245.

Ergebnisse dahin zu führen, daß das Verfahren, welches die Naturforscher mehr oder weniger bewußt bis auf den heutigen Tag angewandt haben, sich als richtig erweist; das ist auch nicht weiter zu verwundern, da wir ja gerade aus diesem Verfahren Regeln abstrahieren wollten. Doch glauben wir, gezeigt zu haben, daß die Methoden der Naturwissenschaft besser miteinander zusammenhängen, als man zuweilen annimmt, und daß ihre Grundlage eine andere ist, als man gewöhnlich vermutet. Wir sind dadurch zu einem besseren Verständnis für die Notwendigkeit gewisser Entwicklungen gelangt. So soll man z. B. in der Naturwissenschaft an den atomistischen Theorien festhalten. Gewiß sind die Abhandlungen über theoretische Physik heutzutage voll davon; aber man hat zuweilen das Gefühl, als bereite dieser Umstand den Verfassern eine gewisse Verlegenheit: sie fühlen wohl, daß ihre räumlichen Darstellungen zu Widersprüchen führen, und entschuldigen sich deswegen, daß sie dennoch von ihnen Gebrauch machen. VAN'T HOFF z. B., einer der Erfinder der Theorie des asymmetrischen Kohlenstoffatoms, scheint zu bedauern, daß man gezwungen ist, die Vorstellung von Molekülen zu benutzen, deren hypothetischen Charakter er hervorhebt. Diese Notwendigkeit erscheint ihm übrigens als eine bloß vorläufige.¹ MAXWELL hat bekanntlich für die Ausbildung der mechanischen Vorstellungen sehr viel getan. Sein Hauptwerk über die Elektrizität ist, wie POINCARÉ konstatiert,² von der Sorge beherrscht, in jedem einzelnen Falle die Möglichkeit mechanischer Erklärungen nachzuweisen; es ist ihm auch, wenigstens teilweise, gelungen, diese Erklärungen in das Gebiet des Carnotschen Prinzips einzuführen, das ihnen zunächst verschlossen schien*; dennoch gibt auch MAXWELL manchmal jener oben erwähnten Tendenz nach. In seiner *Anrede an die mathematisch-physikalischen Sektionen der britischen Assoziation* schickt er einer kurzen und glänzenden Darstellung der kinetischen Gastheorie eine Bemerkung voraus, worin er seine Hörer darauf aufmerksam macht, daß diese Theorie nur ein Bild, nur eine „Illustration“ ist und nur als solche von Nutzen sei. Es gebe Menschen, die solche Hilfsmittel entbehren

¹ VAN'T HOFF, *Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie*, I. Heft, Braunschweig 1898, S. 5.

² H. POINCARÉ, *Electricité et Optique*, Paris 1901, S. IV—VIII. — Vgl. *La science et l'hypothèse*, S. 249.

* An dieser Stelle müßte vor allem auch BOLZMANN genannt werden. Ltn.

könnten, und MAXWELL räumt implizite ein, daß darin eine Überlegenheit liege; aber die Mehrheit brauche jene Bilder, und die Wissenschaft müsse beiden Genüge tun.¹ Auch DUHEM, der die wesentliche Natur der Theorien so klar erkannt hat (vgl. XI. Kap., S. 388f.), erklärt gleichfalls, daß der Gebrauch der mechanischen Theorien eine Sache der persönlichen Bequemlichkeit sei.² Diese Vorbehalte erscheinen uns unberechtigt. Gewiß kann man, wenn man die wirkliche Entwicklung der Naturwissenschaft ganz außer acht läßt, einzelnen ihrer Teile den Schein des reinen Empirismus geben. Solche Versuche sind wie alles, was folgerichtig von einem Gesichtspunkt ausgeht, immer interessant. Außerdem wird eine solche Darstellung den Vorteil bieten, daß man aus ihr klar erkennt, welche Ergebnisse wirklich erreicht sind. Aber sie bringt doch gewisse Nachteile mit sich.

Wie wir früher gesehen haben, kann man das Trägheitsprinzip experimentell beweisen und folglich den ganzen auf ihm beruhenden Teil der Mechanik gemäß KIRCHHOFFS Programm als „beschreibende Wissenschaft“ behandeln.* Aber bei der Erhaltung der Energie haben wir gefunden, daß die experimentellen Beweise unzureichend sind; stützt man sich also ausschließlich auf diese Beweise, indem man etwa von den Arbeiten JOULES ausgeht und die ganze vorhergehende Entwicklung beiseite läßt, so begeht man nicht nur vom historischen Standpunkt betrachtet eine Ketzerei,³ sondern man läuft auch Gefahr, die Bedeutung und Tragweite des Energieprinzips ganz zu verfälschen.

Es kommt hinzu, daß die experimentellen Ergebnisse, wenn man sie ohne Bezugnahme auf irgendwelche Hypothesen darstellt, uns als etwas Endgültiges, Abgeschlossenes erscheinen, ohne daß wir den Weg, der zu ihnen geführt hat, noch auch den, der weiter führen könnte, überblicken. Denn die Naturwissenschaft ist nicht von Baconscher Art, und das Experiment allein, ohne die Mitwirkung von Hypothesen, würde bei ihr nicht weit führen. So kommt es,

¹ MAXWELL, *Scientific papers*, Bd. II, S. 219.

² DUHEM, *L'évolution de la mécanique*, S. 186.

* Vergl. die Bemerkungen der Fußnote S. 42. Ltn.

³ HELMHOLTZ (*Vorträge und Reden*, Braunschweig 1896, S. 407) hebt besonders hervor, daß die leitenden Prinzipien, von denen er bei seiner Abhandlung vom Jahre 1847 über die Erhaltung der Kraft ausgegangen ist, ihm „keineswegs neu, sondern im Gegenteil sehr alt“ erschienen.

daß das Bild, welches man uns auf diese Weise von der Naturwissenschaft oder von einem ihrer Teile entwirft, gewissermaßen ein statisches wird, während sich doch die Naturwissenschaft selbst in Wirklichkeit in ständigem Fluß befindet.

Wir haben (S. 6 f.) gesehen, daß für COMTE gewisse Gesetze in der Tat diesen endgültigen Charakter haben, um dessentwillen er alle Untersuchungen untersagte, die geeignet wären, sie zu modifizieren. Es ist klar, daß er ohne seinen Abscheu vor jeder erklärenden Theorie zu dieser Ansicht unmöglich kommen konnte.

Ohne also die oben erwähnten Versuche ganz verwerfen zu wollen, besonders wo es sich um die Darstellung von sehr hochentwickelten Kapiteln der Wissenschaft handelt, glauben wir doch, daß der Naturforscher kinetische Überlegungen immer dann in weitem Umfange gebrauchen sollte, wenn der Fortschritt der Wissenschaft das erfordert. Sicher haben wir, sogar vom Standpunkt der streng experimentellen Wissenschaft aus gesehen, ein großes Interesse daran, die kausalen Ableitungen bis zu Ende zu verfolgen, mögen sie auch scheinbar noch so abstrakt sein. BOLTZMANN hebt bei der Darstellung seiner Spekulationen über das Carnotsche Prinzip, die wir früher erwähnt haben, ganz mit Recht die Tatsache hervor, daß man solche Spekulationen nicht als müßig betrachten darf, denn sie können z. B. Versuche über die Grenzen der Teilbarkeit der Materie, über die Größe der Wirkungsphären der Moleküle usw. anregen.

Der Forscher darf sogar bei der Aufstellung seiner Hypothesen nicht allzusehr vor ihren letzten Widersprüchen zurückschrecken. Niemals kann zwischen dem kausalen Bild und dem wirklichen Vorgang, zwischen dem Denken und der Natur vollkommene Übereinstimmung herrschen; aber es besteht eine wirkliche und tiefliegende Analogie. Jede mechanische Theorie für eine Reihe von Erscheinungen stellt einen sehr großen wissenschaftlichen Fortschritt dar; sie führt mit Sicherheit zu Entdeckungen; denn sie enthüllt etwas vom Wesen dieser Erscheinungen. So vollkommen auch FRESNELS Theorie in vielen Hinsichten war, so durfte man doch die Behauptung der Existenz des Lichtäthers angesichts seiner bekannten widerspruchsvollen Eigenschaften nicht wörtlich nehmen. Aber daß zwischen den Eigenschaften des Lichtes und denen der räumlichen Bewegung, die wir Wellenbewegung nennen, Ähnlichkeit, ja sogar Identität bestand, das war sicher; und diese Wahrheit ist bestehen

geblieben, selbst nachdem die Vorstellungen FRESNELS denen von MAXWELL haben Platz machen müssen. Nun konnte man sich aber diese Wellen nicht anders als in einem Medium stattfindend vorstellen; man tat also gut daran, den Lichtäther trotz seiner unvereinbaren Eigenschaften zu akzeptieren.¹ Man muß aus diesen Widersprüchen, die sich aus den Grenzen unseres Begreifens ergeben, die Konsequenzen ziehen. Gewiß muß man suchen, sie auf ein Minimum zu reduzieren, und es wird immer einen erheblichen Fortschritt bedeuten, wenn es gelingt, die Theorien zweier verschiedenen Gebiete der Naturwissenschaft miteinander in Einklang zu bringen. Aber so vollkommen auch eine Theorie sein mag, niemals wird sie vollständig folgerichtig und verständlich sein können. Die Naturforscher haben sich viel mit gewissen Grundproblemen der Mechanistik beschäftigt. Sollen die Elementarteilchen als unendlich elastisch oder als unendlich hart angesehen werden? LEIBNIZ und HUYGENS haben diese Frage lebhaft erörtert. Ebenso haben wir gesehen, daß man versucht hat, die Elastizität der Atome durch allerhand Bewegungen zu erklären. Schließlich gab es weitläufige Erörterungen über die Frage, ob wir das Atom als eine Korpuskel oder als ein Kraftzentrum zu betrachten haben. Diese Untersuchungen und Erörterungen waren sehr nützlich; offenbar wäre es von großem Vorteil, wenn es gelänge, die Fernwirkung, die unserem Verstande allzusehr widerstrebt, ganz auszuschalten und alle transitiven Wirkungen auf einen einzigen Typus zurückzuführen. In erster Linie nämlich hätten wir dann ein Minimum an Irrationalem, was, vom theoretischen Standpunkt gesehen, immer befriedigend ist; außerdem aber wäre eine solche Hypothese sicherlich wahrer, d. h. sie würde mit der Wirklichkeit besser übereinstimmen und zur Entdeckung zahlreicher Beziehungen zwischen den Erscheinungen führen als jede andere. Das wäre also ein wahrhafter Fortschritt, der auch auf den gesetzmäßigen Teil der Wissenschaft eine unmittelbare Rückwirkung ausüben würde: es ist wahrscheinlich, daß unsere Rechnungen sich dadurch vereinfachen würden, denn es ist

¹ MACH, dessen Unparteilichkeit in dieser Frage über jeden Zweifel erhaben ist, erklärt (*Erkenntnis und Irrtum*, S. 245): „Hätten YOUNG und FRESNEL die Annahme der transversalen Wellen wegen der Schwierigkeit der Erklärung derselben verschwiegen, so hätte die Wissenschaft dadurch einen ebenso schweren Verlust erlitten, wie durch die Unterdrückung des Newtonschen Gravitationsgesetzes wegen analoger Bedenken.“

weniger kompliziert, anzunehmen, daß ein Teilchen nur von seiner Umgebung beeinflußt wird, als daß es von dem ganzen Weltall unmittelbare Wirkungen erfährt. Ein hervorragender Theoretiker hat in dieser Hinsicht hervorgehoben, daß die auf die Ausschließung der Fernwirkung gegründeten Maxwell'schen Gleichungen nur ein Sonderfall, eine Vereinfachung derjenigen von HELMHOLTZ sind, in denen im Gegenteil diese Fernwirkung zum Ausdruck kommt¹; und ein anderer Forscher gesteht, obgleich er die korpuskularen und die dynamischen Ansichten für gleichwertig hält, daß er von der Einfachheit und Eleganz gewisser Hertz'scher Formeln über- rascht gewesen sei.²

Was nun das letzte Ziel der Theorien betrifft, das ja seinem Wesen nach unerreichbar ist, so besteht es in der Erklärung der Erscheinungen durch ein Mittel, das sich so wenig wie möglich vom Raum unterscheidet, oder, wenn man will, in der Zurück- führung der Materie auf den Raum. In dieser Hinsicht wird die Naturwissenschaft niemals den Weg verlassen können, den ihr der vielleicht größte Geist gewiesen hat, dessen sich die Menschheit rühmen kann: DESCARTES.

Geirrt hat sich DESCARTES darin, daß er glaubte, man könne mit Hilfe von Deduktionen etwas anderes als hypothetische Kon- struktionen ausführen.

Niemals wird eine Theorie, wie auch immer sie beschaffen sei, schlechthin wahr sein. Wir haben gesehen, daß die korpuskulare Mechanistik dem Dynamismus deswegen überlegen ist, weil sie einem auf den Raum bezüglichen Postulat besser entspricht, und daß die erklärende Kraft der Mechanistik im allgemeinen einzig und allein auf dem Kausalprinzip beruht, d. h. auf der Tatsache, daß man das Fortbestehen von irgend etwas aussagt, nicht aber darauf, daß das Ding, dessen Erhaltung postuliert wird, das dyna- mische oder das korpuskulare Atom, jemals wirklich begreiflich gemacht werden könnte; denn seine wesentliche Funktion, die transitive Wirkung, ist unserem Verstande völlig unzugänglich. Das Endergebnis der Zurückführung kann nur etwas Ir- rationales sein. Es kann sehr wohl sein, daß in dieser Hin-

¹ PLANCK, *Die Maxwell'sche Theorie*, Wiedemanns Annalen, 1899, Er- gänzungsheft.

² L. LANGE, *Das Inertialsystem*, Philosophische Studien, 1902, S. 55.

sicht die elektrischen Theorien die beste Lösung darstellen, weil sie eine Nahewirkung voraussetzen, ihre intime Natur jedoch unbestimmt bleibt. Einstweilen jedoch, bis diese Lösung fest begründet und allgemein angenommen sein wird, bedienen sich die Naturforscher mit Recht in ihren Theorien ohne allzuviel Bedenken sowohl der Korpuskeln als der Fernwirkungen und vernachlässigen für den Augenblick die Widersprüche, zu denen diese Vorstellungen führen.*

Ebenso tun sie gut daran, es nicht allzu genau mit dem unbewußten „Selbstbetrug“ zu nehmen, den wir in diesen Theorien nachgewiesen haben, z. B. wenn der Äther zugleich als völlig undifferenziert und doch differenziert betrachtet wird (S. 263). Es sind das einfach Folgen des Kausaltriebs, der zur kausalen Illusion führt, und sie werden durch die teilweise Übereinstimmung gerechtfertigt, die zwischen unserem Denken und der Wirklichkeit besteht. DUHEM hat gesagt: „Die Physik kann nichts in einer Form lehren (wir fügen hinzu: und wird es niemals können), die, vom logischen Standpunkt betrachtet, nichts zu wünschen übrig ließe“.¹ Man darf sich auch — das liegt in derselben Richtung — nicht allzusehr wundern, daß die Physiker nebeneinander verschiedene einander widersprechende Theorien oder miteinander unverträgliche mechanische Modelle benutzen, wie das u. a. MAXWELL getan hat. Freilich ist das immer unangenehm; eine wohlgeordnete folgerichtige Theorie ist weitaus vorzuziehen, weil sie *wahrer* ist und deshalb mehr Aussicht besteht, daß sie uns nützlich sein wird. DUHEM ist daher durchaus im Recht, wenn er gegen den Mißbrauch protestiert, der mit solchem Verfahren getrieben wird²; aber vielleicht darf man in dieser Beziehung nicht allzu streng sein. In einer Wissenschaft, die sich, wie die Elektrizitätslehre, in rascher Fortentwicklung befindet, können solche etwas irregulären Verfahren unter Umständen sehr nützlich sein. Es kommt hinzu, daß in diesem Falle der gemeine Menschenverstand uns in keiner Weise unmittelbar zu Hilfe kommt, weil es uns an einem Organ für eine unmittelbare Empfindung mangelt; infolgedessen sind materielle Bilder, auch wenn sie noch

* Die Angaben des Verfassers gelten in vollem Umfange auch heute, wo die Herrschaft elektrischer Theorien unbestritten ist. Ltn.

¹ DUHEM, *La théorie physique*, S. 424.

² A. a. O. S. 145 f.

so mangelhaft sind, häufig unentbehrlich, um unser schwaches Vorstellungsvermögen zu unterstützen.

Immerhin wäre es gut, wenn die Naturforscher, welche die atomistischen Theorien verwenden, sich über die wahre Natur dieser Vorstellungen und über die in ihnen enthaltenen aprioristischen Elemente ganz klar wären. Sie würden dann besser verstehen, daß ihre Grundlage unwandelbar ist, weil sie auf dem Grundgesetz der menschlichen Vernunft beruht. Große Forscher sind zuweilen in dieser Hinsicht in die Irre gegangen. So hat z. B. BOLTZMANN angenommen, daß gegebenenfalls auch von veränderlichen Atomen die Rede sein könne.¹ Es wäre gegen eine solche Hypothese gar nichts einzuwenden, wenn dieser Physiker die Atome (oder was er für solche hielt) als zusammengesetzt aus noch kleineren Teilen angesehen hätte, die ihrerseits unveränderlich blieben. Aber es hat durchaus den Anschein, als hätte er von letzten Teilchen der Materie sprechen wollen; und dann ist seine Annahme unzulässig. Atome, die sich einfach in der Zeit verändern würden (und anders kann man sich die Sache nicht vorstellen), würden sich ohne Grund verändern; sie könnten also nichts mehr erklären und würden ihren Daseinsgrund damit verlieren; als bloße Verstandesprodukte würden sie aber damit überhaupt zu existieren aufhören.* Man darf ferner niemals aus den Augen verlieren, daß wir die Grenze nicht kennen, an der die Analogie zwischen der Mechanistik oder, besser gesagt, dem kausalen Weltbild und der Natur aufhört. Das einzige, was wir mit Sicherheit wissen, ist, daß sie irgendwo aufhören muß. Stoßen wir also irgendwo auf einen Vorgang, der uns mit dieser Ansicht nicht vereinbar scheint, so sind wir zweifellos zu dem Versuch berechtigt, ihn dennoch hineinzuzwingen; zeigt er sich aber widerspenstig, so dürfen wir ihn nicht einfach ausscheiden oder verwerfen. Möglicherweise sind uns manche derartige Feststellungen für die Zukunft vorbehalten.* Nachdem die Naturwissenschaft lange Zeit vor allem

¹ BOLTZMANN, Wiedemanns Annalen, Bd. LX, 1897, S. 240.

* Der Verfasser denkt hier an „Atome oder Elektronen“ als „Ur-elemente“, die durch ihre räumlichen Umgruppierungen zur Erklärung makroskopisch beobachteter Veränderungen in der Zeit herangezogen werden sollen. Mit starren Elektronen hat im Sinne der im Text vertretenen Anschauung bekanntlich ABRAHAM operiert. In der allgemeinen Relativitätstheorie liegen die Verhältnisse wesentlich komplizierter. Wie weit hier noch von einer Erklärung gesprochen werden kann, bedarf einer besonderen Erörterung. (Vgl. *La déduction relativiste*, passim). Ltn.

nach dem gesucht hat, was bestehen bleibt, wendet sie nunmehr, da die Bedeutung des Carnotschen Prinzips klar erkannt ist, ihre Aufmerksamkeit mehr und mehr dem zu, was da wechselt, dem ewigen Fluß der Dinge, und es leuchtet ein, daß die kausalen Betrachtungen auf diesem Gebiet stets mehr oder weniger ihr Ziel verfehlen werden.

Innerhalb dieser Schranken können wir mit OSTWALD¹ sagen, daß die Identität des Denkens mit dem Sein, wie sie von SPINOZA, SCHELLING und HEGEL postuliert worden ist, das Programm der Naturwissenschaft bleibt, ein Programm, auf dessen Verwirklichung ihre Bestrebungen gerichtet sind. Diese Tendenz offenbart sich durch den Einfluß der kausalen Betrachtungen, von dem die mechanistischen Theorien wiederum einen speziellen Ausdruck darstellen.

Man darf also erklären, daß die Naturwissenschaft wirklich dahin strebt, alle Erscheinungen auf eine allgemeine Mechanistik oder Atomistik zurückzuführen, wenn man diese Ausdrücke so weit faßt, daß sie auch die elektrischen Theorien umfassen, und sich erinnert, daß die Kausalität des Seins, die der des Werdens so nahe verwandt ist, von den Elementarteilchen fordert, daß sie aus einem einzigen Stoff bestehen müssen, der ein Minimum von Eigenschaften besitzt, so daß er bis zu einem gewissen Grade dem Raume oder seiner Hypostase, dem Äther, gleichgesetzt werden kann. Es ist damit nicht gesagt, daß diese Zurückführung wirklich möglich wäre, noch auch, daß wir glauben könnten, diese Atomistik stelle das Wesen der Dinge dar; auch braucht sie nicht fähig zu sein, ein widerspruchsfreies System zu liefern; der Grund liegt vielmehr darin, daß sie unter allen Bildern, die unser Denken sich zu machen vermag, das einzige ist, das unser Streben nach der Identität wenigstens bis zu einem gewissen Grade befriedigt, und daß sie gleichzeitig mit den Erscheinungen in einer wirklichen, manchmal sogar überraschenden Übereinstimmung steht. Wenn wir also diesem Bilde folgen und es mehr und mehr mit den Tatsachen in Übereinstimmung bringen, so haben wir die meisten Aussichten, diese Tatsachen immer besser zu erkennen. M. a. W., die Zurückführung auf die Mechanistik und die Atomistik ist kein Selbstzweck,

¹ OSTWALD, *Vorlesungen*, S. 6.

sondern nur ein Mittel. Sie ist, wie schon F. A. LANGE gezeigt hat, ein die Forschung regulierender Gedanke.¹

Man kann nicht sagen, daß die Naturwissenschaft sich dem Ziele der vollständigen Zurückführung auf die Mechanistik unbegrenzt annähere, wenn man unter Mechanistik eine in sich zusammenhängende widerspruchsfreie Hypothese versteht. Die Naturwissenschaft macht nur endliche Fortschritte, und da alle mechanischen Hypothesen, die sie aufstellt, in sich widerspruchsvoll, d. h. im Grunde absurd sind, so bleibt sie stets in unendlichem Abstand von jener folgerichtigen Weltansicht, nach der sie hinzustreben scheint.

Aber als Führer, als leitendes Prinzip, hat die Mechanistik der Naturwissenschaft unschätzbare Dienste geleistet, und man kann behaupten — da die Vergangenheit ein sicherer Bürge für die Zukunft ist —, daß sie ihr auch fernerhin solche Dienste leisten wird. Betrachtet man die Mechanistik unter diesem Gesichtspunkt, so erreicht man damit zugleich den Vorteil, daß die theoretische Naturwissenschaft von gewissen Gespenstern (wie BACON sagen würde) befreit wird, die in ihr spuken: dazu gehören die „Tendenz zur Einheit“ sowie die „Tendenz zur Einfachheit“. In einem gewissen Sinne ist die Tendenz zur Einheit tatsächlich vorhanden; denn indem unser Verstand jede Verschiedenheit in der Zeit und im Raume leugnet, sucht er letzten Endes die Gesamtheit der Erscheinungen auf ein unterschiedsloses Ganzes zurückzuführen. Aber diese Tendenz ist kein unabhängiges Prinzip für sich und hat nichts Geheimnisvolles an sich. Sie ist eine direkte Folge des Identitätsprinzips. Bei der Einfachheit muß man einen Unterschied machen. Gewiß ist die Naturwissenschaft bestrebt, die vorhandenen Kenntnisse zu vereinfachen, d. h. sie in immer allgemeineren Gesetzen und Theorien zusammenzufassen: das ergibt sich aus dem Ökonomieprinzip, das ja die Quelle der empirischen Wissenschaft ist. Es ist aber nicht richtig, wenn man behauptet, daß unsere Vorstellung von einem bestimmten wirklichen Vorgang mit dem Fortschritt der Wissenschaft an Einfachheit gewinnt; denn wenn auch die Wissenschaft häufig hinter dem Zusammengesetzten das Einfache entdeckt, so enthüllt sie doch in anderen

¹ LANGE, *Geschichte des Materialismus*, 4. Aufl., Iserlohn, 1882. Vorrede von HERMANN COHEN. S. IX.

Fällen, wie POINCARÉ hervorgehoben hat, das Komplizierte unter dem Schein des Einfachen. So könnte z. B. das Newtonsche Gesetz sehr wohl eine nur scheinbare Einfachheit besitzen. „Wer weiß, ob es nicht auf irgendeinem Mechanismus beruht, auf dem Stoß irgendwelcher feinen Materie . . . und ob es nicht nur als Mittelwert bei großen Zahlen so einfach geworden ist?“¹ Und wenn wir von zwei Formeln oder zwei theoretischen Lösungen unter sonst gleichen Umständen stets die einfachere annehmen müssen, so ist es doch nicht richtig, daß von zwei Möglichkeiten sich immer die verwirklichen muß, die der einfacheren Theorie entspricht. Es war eine einfache Annahme, daß die Planeten in Kreisen um die Sonne laufen, und da KOPERNIKUS nur über ziemlich grobe Beobachtungen verfügte, war es nur folgerichtig, wenn er diese Hypothese machte; die Ellipse ist nämlich eine kompliziertere Kurve als der Kreis, und die Tatsache, daß die Sonne sich in dem einen ihrer Brennpunkte befindet, während der andere leer bleibt, verletzt sogar zunächst unser Symmetriebedürfnis; nichtsdestoweniger war KÖPLER seinerseits im Recht, als er in diesem Falle ohne Bedenken die Ellipse annahm. Ebenso sind die Gesetze von MARIOTTE und GAY-LUSSAC über das Verhalten der Gase sehr einfach; beweist das, daß sie richtig sind, d. h. daß die Natur selbst diese Gesetze wirklich befolgt? Beim heutigen Stande der Wissenschaft besteht diese Frage gar nicht mehr; wir wissen heute sehr wohl, daß kein Gas jene Gesetze genau befolgt, und wenn wir sie aussprechen und anwenden, so fügen wir wohlweislich hinzu, daß wir von einem völlig hypothetischen Ding reden, das wir als „vollkommenes Gas“ bezeichnen.

Aber für COMTE bestand diese Frage, wie wir gesehen haben (vgl. S. 6 f.), und er hat sie im entgegengesetzten Sinne entschieden. In einer sehr interessanten Untersuchung hat G. MILHAUD hervorgehoben, daß hier bei COMTE ein echtes Dogma vorliegt, und hat die Grundlagen dieses Glaubens aufgedeckt.² Sie haben mit

¹ H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse*, S. 176; vgl. *Thermodynamique*, S. VII.

² MILHAUD, *L'idée d'ordre chez Auguste Comte*, *Revue de métaphysique*, IX, 1901, S. 539. — LÉVY-BRUHL, *La philosophie d'Auguste Comte*, 2. Aufl., Paris 1905, S. 3, stellt gleichfalls fest, daß bei COMTE „das wissenschaftliche Interesse, so lebhaft es auch ist, dem sozialen Interesse untergeordnet wird.“ Vgl. a. a. O. S. 5, 25. — Es hat in der Tat den Anschein, als entspringe diese spezielle Überzeugung COMTES keineswegs aus seiner Auffassung von der

der Philosophie der Naturwissenschaft so gut wie nichts zu tun, entspringen vielmehr aus einer soziologischen Ansicht. Für COMTE hatte die Idee der Ordnung eine außerordentliche Bedeutung; er hatte sie in den Mittelpunkt seines Systems gestellt. Da er nun die theologischen Überlieferungen verwarf, blieb ihm nichts übrig, als die Ordnung auf die Erfahrung zu gründen. Dazu aber mußte diese imstande sein, endgültige Prinzipien und auf diesen beruhende unerschütterliche Gesetze aufzustellen.

Das Gesetz, wie die Naturwissenschaft es wirklich auffaßt, ist eine ideale Konstruktion, ein durch unseren Verstand umgewandeltes Bild von der Ordnung der Natur; es kann also die Wirklichkeit nicht unmittelbar ausdrücken, mit ihr nicht wahrhaft übereinstimmen. Bevor wir es ausgesprochen haben, hat das Gesetz nicht existiert, und es wird nicht mehr bestehen, wenn wir es in einem allgemeineren Gesetz haben aufgehen lassen. Nimmt man dagegen an, daß eine von uns aufgestellte empirische Regel in Zukunft nicht mehr abgeändert werden wird, so würde man dieser Regel damit eine objektive Existenz in der Natur selbst zuschreiben; denn man kann doch nicht behaupten, daß unserer Erkenntnis der Regeln bestimmte unüberschreitbare Schranken gesetzt seien; gibt es doch gar keine Möglichkeit, diese Schranken zu ziehen, noch überhaupt ihre Existenz zu denken. Man behauptet also, daß die Natur in dieser Hinsicht mit dem Denken übereinstimmt. Nun muß aber dieses beim Aufstellen der Gesetze sich vom Gesichtspunkt der Einfachheit leiten lassen. Letzten Endes schreibt man also der Natur gleichfalls solche Einfachheitserwägungen zu. Es ist übrigens zu beachten, daß jede Definition der Einfachheit, die wir geben können, auf die Fähigkeiten unseres Geistes Bezug nehmen muß und ebenso auf seine Gewohnheiten und die Hilfsmittel, über die er verfügt. LE ROY hat darauf aufmerksam gemacht,¹ daß die Sinusfunktion, die z. B. im Brechungsgesetz auf-

Naturwissenschaft; denn diese würde ja viel eher dazu führen, die Gesetze gerade als vergängliche Ausdrücke des gegenwärtigen Standes der Wissenschaft eines Zeitalters anzusehen (vgl. *Cours*, Bd. 6, S. 600-601, 622, 630, 642); die Einschränkungen, die er hinzufügt (a. a. O. S. 601, 623), erscheinen als etwas dem Wesen seiner Lehre Fremdes. Nichtsdestoweniger hätte dieser Irrtum, wie wir weiter oben angedeutet haben, nicht entstehen können, wenn COMTE nicht alle theoretischen Untersuchungen untersagt hätte.

¹ E. LE ROY, *Un positivisme nouveau*, Revue de métaphysique, IX, 1901, S. 146.

tritt, uns deshalb einfach erscheint, weil wir mit ihr zu rechnen gewohnt sind und sogar Tafeln von ihr besitzen; wären wir aber genötigt, sie in rein arithmetischer Form, also durch eine unendliche Reihe auszudrücken, so würde sie uns als sehr verwickelt erscheinen. Vielleicht werden wir morgen ein neues mathematisches Rechenverfahren entdecken, durch das gewisse Probleme, die uns heute Schwierigkeiten machen, für uns einfach werden. Offenbar liegt hier ein Zufallselement vor, das man schwerlich in die Natur hineintragen kann. Übrigens tun wir das auch im Grunde gar nicht. Wenn z. B. ein Astronom die „Störungen“, welche die Planeten gegenseitig in ihren Bewegungen hervorrufen, durch fortschreitende Approximationen sorgfältig berechnet, so zweifelt er keinen Augenblick daran, daß die Natur dieses Problem ohne irgendeine Schwierigkeit momentan und mit absoluter Genauigkeit löst. „Die Natur hat sich“, wie FRESNEL gesagt hat, „nicht um die Schwierigkeiten der Analysis bekümmert“.¹ Deshalb meint auch POINCARÉ, daß die Natur diejenigen, die von ihr behaupteten, sie liebe das Einfache, „allzuoft Lügen gestraft habe“,² und auch DUHEM kommt zu dem Ergebnis, daß die „so heiß ersehnte Einfachheit ein unerreichbares Trugbild ist“.³

Fügen wir hinzu, daß, wie POINCARÉ an der oben zitierten Stelle (S. 442) ausgeführt hat, selbst da, wo die Natur uns einfach erscheint, diese Einfachheit bloßer Schein sein kann, daß sich hinter ihr sehr wohl eine wirkliche Mannigfaltigkeit sehr zahlreicher Tatsachen verbergen kann. Die Einfachheit wäre dann eine *statistische*. Wenn wir aus einer gewissen Entfernung eine Menschenmenge aus einem Tor herausströmen sehen, so konstatieren wir ohne weiteres, daß die Erscheinung völlig regelmäßig verläuft; dennoch führen die einzelnen Individuen, aus denen die Menge besteht, sehr verschiedene Bewegungen aus. Ebenso verbirgt sich hinter der Regelmäßigkeit der Geburten- und Sterbefälle bei einigermaßen großen Gesamtheiten eine Menge von Einzeltatsachen, die zu jedem Individuum gehören.

Auf demselben Postulat der Einfachheit der Natur beruht auch ein grundlegender Einwand, der zuweilen gegen die Atomistik er-

¹ A. FRESNEL, *Mémoire sur la diffraction de la lumière*, Mémoires de l'Académie Royale des sciences, Jahrg. 1821/22, Bd. 5, S. 340.

² H. POINCARÉ, *Thermodynamique*, S. VII.

³ DUHEM, *L'évolution de la mécanique*, S. 343.

hoben wird und auf den besonders STALLO großes Gewicht zu legen scheint.¹ Bei der Aufstellung der kinetischen Gastheorie sucht man offenbar den gasförmigen Zustand der Materie durch den festen Aggregatzustand oder, wenn man will, durch den ultrafesten (siehe S. 64 f.) zu erklären. Nun kann man sich aber leicht davon überzeugen, daß immer und überall die Gesetze, die den gasförmigen Zustand regeln, einfacher sind als die für den festen geltenden, mag es sich um rein physikalische Vorgänge handeln wie die Änderung des Volumens als Funktion von Druck und Temperatur (Gay-Lussacsches Gesetz), die Diffusion, die spezifische Wärme oder um chemische Reaktionen. „Gibt es also“, so schließt man, „einen typischen und ursprünglichen Zustand der Materie, so ist das nicht der feste, sondern der gasförmige Zustand“, und folglich „liefert der gasförmige Zustand eine Grundlage für die Erklärung des festen, nicht aber kann der feste Zustand dazu dienen, das Gas zu erklären“.²

Nach dem, was wir soeben festgestellt haben, scheint uns die Beweiskraft dieses Einwandes eine bloß scheinbare zu sein. Er setzt nämlich stillschweigend voraus, daß die einfachere Erscheinung auch die ursprünglichere sein müsse. Nun haben wir aber gerade gesehen, daß die Einfachheit in diesem Falle möglicherweise eine bloß *statistische* ist, und da die Anzahl der Moleküle in einem Kubikzentimeter Gas unvergleichlich viel größer ist als die Anzahl der menschlichen Individuen in irgendeiner Gesamtheit, die wir kennen oder deren Existenz wir für die Zukunft annehmen könnten, und da andererseits die Regelmäßigkeit der Erscheinungen offensichtlich mit dieser Anzahl zunimmt, so ist es kein Wunder, daß die Gesetze, denen die Gase unterworfen sind, sehr viel regelmäßiger sind als die der menschlichen Statistik.

In denselben Zusammenhang gehört die Erwägung, daß, wenn wir die Mechanistik nicht zur Führerin wählen, unser analogisierendes Denken sozusagen ohne Kompaß auf dem unbegrenzten Felde der Möglichkeiten herumirren muß. Man sieht das deutlich an den sonderbaren Hypothesen der sog. Naturphilosophen, deren Denken gerade dadurch so unfruchtbar geworden ist. Indessen dürfen wir hierin nicht zu unbedingt urteilen. Zwischen der Natur

¹ STALLO, a. a. O. S. 132 f.

² A. a. O. S. 135.

und unserem Denken bestehen mannigfache und tiefliegende Analogien. Ein kluger Kopf kann also durch bloßes Analogisieren wichtige wissenschaftliche Entdeckungen machen. Es besteht in der Tat kein Zweifel daran, daß viele große Entdeckungen derartigen Überlegungen zu verdanken sind.¹ Man darf sich also nicht wundern, daß OERSTED den Elektro-Magnetismus entdeckte, indem er von den Lehren der „Naturphilosophen“ ausging; und ebenso ist es sehr wohl möglich, daß die von OSTWALD aufgestellten Beziehungen, die heute mehr als bloße Zahlenkombinationen erscheinen, eines Tages zu sehr wertvollen Verallgemeinerungen hinleiten werden.

Immerhin kann man, scheint uns, ohne einen allzu großen Irrtum zu riskieren, voraussagen, daß die Theorien und Hypothesen, die auf dieser Grundlage errichtet werden, nicht von langer Dauer sein werden. Wahrhaft ewig ist und bleibt allein der Grundgedanke der Mechanistik, die Erklärung der Erscheinungen durch die Bewegung.*

Solange die Menschheit an der Weiterbildung der Naturwissenschaft arbeitet, wird sich mit dieser auch die Mechanistik weiter entwickeln. Die Rückkehr zum Peripatetismus, die von DUHEM mit soviel Energie und Wissen vertreten wird,² erscheint uns unmöglich. Unserer Ansicht nach ist die reine Lehre des ARISTOTELES überhaupt keine echte naturwissenschaftliche Theorie gewesen, sie wurde es erst durch eine Umbiegung bei den Alchemisten. Auch

¹ DUHEM, *La théorie physique*, S. 50 f. DUHEM'S Behauptung geht noch weiter, er will beweisen, daß „das Suchen nach der Erklärung nicht der Ariadnefaden gewesen ist“. Indessen kann man unseres Erachtens schwerlich den Nutzen bestreiten, den die Mechanistik geleistet hat.

* Die modernen Quantentheorien entfernen sich zum Teil recht weit von diesem Schema. Sie bieten dann aber auch keine Erklärungen, sind nicht anschaulich. Ltn.

² Wir müssen übrigens feststellen, daß DUHEM gegen das Ende seines Lebens seine Ansicht in diesem Punkte ein wenig geändert zu haben scheint. So hebt er z. B. in seinem großen Werk über das *Système du Monde* (Paris 1913 u. f. J., Bd. I, S. 194, 196, 240, 384) hervor, daß keiner der Begriffe der peripatetischen Mechanik „auch nur die geringste Ähnlichkeit mit dem Begriff der Masse hat“, wie ihn die moderne Physik kennt, und daß die Theorie der Bewegung des ARISTOTELES einem vernichtenden Einwand ausgesetzt ist; im Zusammenhang damit lobt er die Pariser Universität, weil sie im XIV. Jahrhundert begonnen habe, „die Dynamik des ARISTOTELES durch eine vernünftige Dynamik zu ersetzen“, und stellt fest, daß in den folgenden Jahrhunderten von dem aristotelischen Gebäude „kein Stein auf dem anderen bleibt.“ [Zusatz zur 3. Aufl.]

glauben wir nicht, daß die neueren Entwicklungen in der Physik und physikalischen Chemie, wie z. B. die Arbeiten von GIBBS, wirklich in der Richtung der aristotelischen Physik liegen. Die Ähnlichkeiten sind geringfügig und oberflächlich; die einzige wirkliche Analogie besteht wahrscheinlich in der Ähnlichkeit, die zwischen der Zustandsänderung und der Bewegung behauptet wird; auch in diesem Punkte besteht die Analogie vielleicht mehr in den Ausdrücken als in den Vorstellungen der beiden Lehren. Wenn man sagt, daß die moderne Theorie die Veränderung „an sich“ betrachte, ebenso wie es ARISTOTELES getan, so scheint uns im Grunde diese Analogie vor allem in einer gewissermaßen negativen Tatsache zu liegen, nämlich darin, daß beide Theorien auf die Einführung von Atomen verzichten; denn diese würde als Ausdruck einer strengen Kausalität zur Wiederherstellung der Identität, d. h. zur Leugnung der Veränderung selbst führen. Aber die modernen Theorien über die Zustandsänderungen erheben durchaus nicht den Anspruch, bis zum Grunde der Dinge vorzudringen; sie sind keine Erklärungen, wie die Ansicht des ARISTOTELES eine sein sollte. DUHEM selbst erkennt diesen Unterschied an. Nur folgt daraus aber, daß diese Theorien die Mechanistik als Erklärung nicht ausschließen. GIBBS selbst hat mechanistische Vorstellungen benutzt, und es ist noch niemals behauptet worden, daß die neueste Entwicklung der Physik, die ja, wie wir gesehen haben, völlig im atomistischen Sinne zu verlaufen scheint, an irgendeinem Punkte mit den Gibbs'schen Theorien in Widerstreit geraten wäre.¹ Die beiden Auffassungsweisen scheinen sich ausgezeichnet miteinander zu vertragen. — Was jedoch das Verfahren der Analogiebildung betrifft, so versteht es sich, daß es womöglich noch unzerstörbarer als die Mechanistik ist, denn es ist das einzige Verfahren, durch das wir uns der Wirklichkeit anzunähern vermögen. Wie wir uns auch anstellen mögen, immer sind wir genötigt, wenigstens für den Augenblick vorauszusetzen, daß die Natur ebenso verfährt wie unser Verstand. Der Irrtum DESCARTES' und der sog. Naturphilosophen ebenso wie der COMTES bestand lediglich darin, daß sie die Analogie nicht zur Aufstellung von Annahmen benutzten, die durch Er-

¹ BOLTZMANN, *Vorlesungen über Gastheorie*, 2. Teil, Leipzig 1898, S. 211, stellt fest, daß „GIBBS auch diese molekulartheoretische Anschauung fortwährend vor Augen hatte, wenn er auch von den Gleichungen der Molekularmechanik keinen Gebrauch machte“.

fahrung zu verifizieren sind, sondern zur Aufstellung apodiktischer Behauptungen.

Die Gerechtigkeit erfordert jedoch hervorzuheben, daß auch in unserer heutigen Physik noch etwas von jenem Geiste lebt. Wenn wir den Erhaltungsprinzipien eine Sonderstellung einräumen und wenn wir allgemein jeder Aussage, die aus dem Identitätsprinzip entspringt, eine Tragweite zuschreiben, die über ihre experimentelle Grundlage hinausgeht, so setzen wir offenbar bei der Natur eine Tendenz voraus, die derjenigen unseres Geistes analog ist. Irren wir uns hierin? Diese Frage haben wir bereits beantwortet: die Analogie zwischen unserem Verstand und der Natur läßt sich nicht bestreiten. Übrigens hat es ganz den Anschein, als hätten sich die Grundüberzeugungen der Menschheit in dieser Hinsicht kaum verändert. Schon ANAXAGORAS und noch vor ihm HERMOTIMOS haben, wie ARISTOTELES berichtet, „verkündet, daß ebenso in der Natur wie in den beseelten Wesen eine Intelligenz die Ursache der Ordnung und Regelmäßigkeit sei, die uns überall in der Welt entgegentritt“.¹ Wir allerdings sind genötigt, über diese antiken Philosophen hinauszugehen; denn wir bemerken außer der Ordnung auch noch die Plastizität der Natur dem Kausalprinzip gegenüber. Wollen wir nicht mit SPIR in dieser Übereinstimmung eine Art organisierter Täuschung sehen, so sind wir gezwungen, diese Analogie und damit eine partielle Übereinstimmung anzunehmen.

Darf man sich darüber wundern? Gewiß, wenn wir der Welt unseres Bewußtseins diejenige des Dinges an sich gegenüberstellen. Aber wir dürfen nicht vergessen, daß das letzten Endes nur eine metaphysische Theorie ist, daß wir es sind, die die Vorstellung des Dinges an sich geschaffen haben, und zwar mit Rücksicht auf seine Wirkung. Bleibt es ohne Wirkung, so verschwindet es alsbald, gerade wie die Götter EPIKURS oder der Äther der Physiker, wenn wir ihn seiner Masse berauben. Wir postulieren also die Wirkung zugleich mit dem Begriff selbst und infolgedessen auch die Analogie. Erscheint nachher die Analogie in dieser dualistischen Ansicht als Wunder, so ist es ein Wunder von der gleichen Art wie die Empfindung.

Aber diese Auffassung ist nicht die einzig mögliche. Es steht mir ebenso frei, mein Ich als Teil des großen Ganzen anzusehen oder

¹ ARISTOTELES, *Metaphysik*, I, 3.

aber zu urteilen, daß im Gegenteil die ganze Welt nur in meiner Empfindung ist. „Sind nicht Berge, Wogen, Himmel ein Teil von mir und meiner Seele, wie ich von ihnen?“ sagt BYRON in Versen, die SCHOPENHAUER gern zitierte.¹ Stellen wir uns auf einen solchen Standpunkt, so verschwindet unsere Verwunderung, oder vielmehr die Schwierigkeit besteht dann darin, zu begreifen, warum die Analogie nicht vollkommener ist, warum unerkennbare, transzendente Elemente übrigbleiben.

Wir sind damit von neuem in das Gebiet der eigentlichen Metaphysik eingetreten. Wir können nämlich der Beantwortung dieser Frage nicht ausweichen: sind die Ergebnisse, zu denen die theoretische Naturwissenschaft gelangt ist, so beschaffen, daß sie die Wahl zwischen den verschiedenen von der Metaphysik vorgeschlagenen Systemen bestimmen können?

EDUARD VON HARTMANN scheint diese Frage in einem interessanten Werke bejahend zu beantworten.² Er stellt fest, daß die Naturwissenschaft, indem sie von den Vorstellungen des gemeinen Menschenverstandes ausgeht und mit Hilfe von Experiment und Beobachtung fortschreitet, schließlich jenen Vorstellungen eine völlig von ihnen verschiedene Weltansicht, die Mechanistik, unterlegt. Andererseits hält doch die Naturwissenschaft, obgleich sie die Wirklichkeit des gemeinen Menschenverstandes zerstört, die Zeit und den Raum aufrecht. Sie schließt also auf ein Ding an sich, das den Bedingungen der Zeit und des Raumes unterworfen ist, d. h. sie führt zu einem bestimmten metaphysischen System, das man als „transzendentalen Realismus“ bezeichnet.

Mit Rücksicht auf die Ergebnisse, zu denen wir gelangt sind, können wir diese Schlußfolgerungen offenbar nicht als gültig anerkennen. Wir müssen zunächst feststellen, daß die Mechanistik im Gegensatz zu dem, was HARTMANN anzunehmen scheint, ihrerseits nichts Endgültiges ist; sie ist nur eine Durchgangstation, genau wie der gemeine Menschenverstand, ein etwas künstlicher Haltepunkt auf einem Weg, auf dem es solche eigentlich gar nicht gibt. Wir

¹ *Are not the mountains, waves and skies a part
of me and of my soul, as I of them?*

BYRON, *Manfred*; vgl. SCHOPENHAUER, *Die Welt als Wille und Vorstellung*, Bd. I, S. 213.

² EDUARD VON HARTMANN, *Das Grundproblem der Erkenntnistheorie*, Leipzig 1914, S. 46 f.

haben den größten Teil der Sinnesqualitäten ausgeschaltet, indem wir sie mit DEMOKRIT als bloße Konventionen erklären, und wollen nur diejenigen zurückbehalten, die zur Definition eines Körpers unentbehrlich sind. Hier erhebt sich nun die Frage: was können wir folgerichtigerweise übrig behalten? Je nach der Antwort, die wir darauf geben, wechselt das mechanistische System, das wir annehmen. Gehen wir aber den Dingen auf den Grund, so werden wir bald zu der Überzeugung kommen, daß wir gar keine Sinnesqualität zurückbehalten können; kann doch das Atom nicht einmal seine Undurchdringlichkeit „beherbergen“, diese erweist sich als *qualitas occulta*, und der Körper löst sich im Raum auf, woraus wiederum die Auflösung des Raumes selbst sowie der Zeit logisch folgt. Wendet man nun hierauf die Argumentation HARTMANNS an, so kommt man zu dem Ergebnis, daß die Naturwissenschaft nicht auf seinen „transzendentalen Realismus“ führt, sondern auf den Idealismus oder, wenn man will, auf den unbedingtesten negativen Dogmatismus; denn er besagt nicht mehr und nicht weniger als: nichts existiert und kann existieren. Wir wissen jedoch, daß die Mechanistik kein *Ergebnis* der Naturwissenschaft ist. Sie wird von der Naturwissenschaft bis zu einem gewissen Grade bestätigt, ebenso wie die Erfahrung des täglichen Lebens den naiven Realismus des gemeinen Menschenverstandes zu bestätigen scheint — das ist wiederum die Übereinstimmung zwischen der Vernunft und der Wirklichkeit, eine offenbar nur partielle Übereinstimmung. Aber die Mechanistik geht an sich der Naturwissenschaft voraus oder tritt wenigstens gleichzeitig mit ihr auf. Die Tatsache, daß die auf Grund der Mechanistik aufgebaute theoretische Naturwissenschaft die Vorstellungen der Zeit und des Raumes beibehält, hat nichts Rätselhaftes, es ist damit wie mit jenen Zahlenspielen, mit denen man Kindern Vergnügen bereitet und bei denen sie zu ihrem Erstaunen nach einer ganzen Reihe komplizierter Rechenoperationen die Zahl wieder erhalten, von der sie ausgegangen sind. Schließlich — und das ist das letzte Argument gegen HARTMANNS Beweisführung — kann man nicht einmal sagen, daß die Mechanistik die Begriffe von Zeit und Raum wirklich unberührt läßt. Bezüglich der Zeit insbesondere haben wir gesehen, daß die mechanistischen Theorien sie als umkehrbar voraussetzen, womit sicherlich ihre gänzliche Elimination vorbereitet

wird; daran können wir übrigens wiederum erkennen, daß die Mechanistik nur eine Durchgangstation ist.

Aber legt nicht gerade diese Elimination der Zeit doch die Vermutung nahe, daß HARTMANNs Beweisführung in gewisser Hinsicht begründet ist? Wenn nämlich unser Verstand diese Elimination fordert, so sträubt sich die Wirklichkeit dagegen, und dieser Widerstand kommt im Carnotschen Prinzip zum Ausdruck (S. 301). Wir brauchen also nur den Ausgangspunkt der Beweisführung zu wechseln und an die Stelle der Mechanistik das Carnotsche Prinzip zu setzen. Beweist dann nicht die Allgemeinheit dieses Prinzips, daß die Wirklichkeit nicht unabhängig von der Zeit gedacht werden kann? Bis zu einem gewissen Grade ist das sicherlich der Fall. Wir erkennen in der Tat klar, daß wir bei der Betrachtung eines Vorgangs von den zeitlichen Bedingungen nicht absehen dürfen. Aber das wußten wir von Anfang an; wir wußten, daß jede äußere Erscheinung für uns außerhalb von Zeit und Raum unvorstellbar ist; das Carnotsche Prinzip drückt diese Wahrheit nur deutlicher aus. Auch in dieser Hinsicht lehrt uns die Naturwissenschaft nichts über das Ding an sich, sie stellt lediglich die Tatsache fest, daß zwischen unserem Verstand und der Außenwelt eine teilweise Übereinstimmung besteht. Man kann von dieser Tatsache ausgehend auf die Existenz der Außenwelt schließen, wie das u. a. LEIBNIZ getan hat.¹ Man kann aber auch mit den idealistischen Philosophen die Tatsache, daß diese Übereinstimmung nur partiell ist, daß also auch Nichtübereinstimmung vorhanden ist, zum Beweise der Unmöglichkeit derselben Außenwelt benutzen. Endlich kann man mit KANT eine Versöhnung beider Ansichten in der Weise versuchen, daß man die Übereinstimmung auf rein anschauliche Elemente zurückführt, die mit unserer Sinnesanschauung unlöslich verknüpft sind. Aber diese Diskussionen gehören ausschließlich in das Gebiet der Metaphysik.

Man kann sich durch das Studium der Geschichte der Philosophie leicht davon überzeugen. Wenn die Lösungen, die in der neueren Zeit für jene Probleme vorgeschlagen werden, von den im Altertum oder während des Mittelalters aufgestellten abweichen, so besteht der Unterschied mehr in der Form als in der Sache, und es scheint, daß der Fortschritt der exakten Wissenschaften lediglich auf die Form

¹ Vgl. COUTURAT, *La logique de Leibniz*, Paris 1901, S. 258.

dieser Lösung Einfluß hat. Das liegt daran, daß die Übereinstimmung und der Widerstreit, von denen wir reden, sich schon im gemeinen Menschenverstande zeigen. Unsere Empfindungen ordnen sich wirklich zu Gruppen und machen so die Konstitution einer Welt von beharrlichen Gegenständen möglich (S. 384); sobald wir aber etwas weiter in die Natur der Dinge einzudringen versuchen, erkennen wir, daß diese Welt sich auflöst (S. 385). Soll man sagen, daß diese zweite Etappe bereits der Naturwissenschaft angehört? Gewiß, aber wir haben gesehen, daß zwischen der Naturwissenschaft und dem gemeinen Menschenverstande in dieser Hinsicht ein vollkommen stetiger Übergang vorhanden ist. Tatsächlich tritt die Atomistik in der Morgendämmerung des menschlichen Denkens auf, der gemeine Menschenverstand, die Naturwissenschaft und die Metaphysik fließen sozusagen in ihr zusammen.

Die Wissenschaft hebt bei ihrem Fortschreiten die Atomistik nicht auf; sie entwickelt sie im Gegenteil weiter und gibt ihr größere Bestimmtheit. Aber gleichzeitig stellt sie auch im Carnotschen Prinzip die entgegengesetzte Auffassung auf. M. a. W., sie strebt zugleich nach der Aufhebung der Wirklichkeit und nach ihrer Bejahung. In ihr bestehen die beiden einander entgegengesetzten philosophischen Tendenzen friedlich nebeneinander. Vom metaphysischen Standpunkt aus kann man also aus ihr keine Schlußfolgerung ziehen, die über den passend abgeänderten Ausspruch des HERMOTIMOS hinausginge.

Wir wollen darauf hinweisen, daß wir hier nur mit etwas anderen Ausdrücken eine Behauptung wiederholen, die wir schon früher ausgesprochen haben. Da nämlich die Theorie eine Wirklichkeit sucht, die hinter der Welt des gemeinen Menschenverstandes liegt, so ist die Behauptung: keine Theorie wird jemals schlechthin wahr sein (S. 437), gleichbedeutend mit der anderen: man kann das von einer Theorie geschaffene Sein nicht als Ding an sich betrachten. Indessen hat man Aussagen dieser Art zuweilen einen ganz anderen Sinn untergelegt. Indem man erklärte, daß die Hypothesen sich nicht in Wirklichkeit verwandeln könnten, daß sie ihrer Natur nach weder wahr noch falsch seien, daß sie wesentlich unverifizierbar seien — lauter Behauptungen, die vollkommen richtig sind, wenn man sie auf das Ganze unserer Annahmen über die Außenwelt bezieht — wollte man einen grundlegenden Unterschied zwischen der theore-

tischen Welt und der des gemeinen Menschenverstandes konstruieren. Ein solcher Unterschied besteht aber, wie wir erkannt haben, in dieser Hinsicht nicht; und wenn man mit dem Ausdruck *Wirklichkeit* nicht die des Dinges an sich, sondern diejenige der sinnlichen Gegenstände meint, wie der gemeine Menschenverstand sie auffaßt, so wird der Satz bestimmt falsch. Man kann zunächst rein geschichtlich leicht beweisen, daß gewisse Theorien in die Auffassung des gemeinen Menschenverstandes übergegangen sein müssen. Sicherlich erschien unseren entfernten Vorfahren der Schall nicht als eine Schwingung; aber inzwischen haben die Menschen längst gelernt, diese Schwingungen unter gewissen Bedingungen zu sehen und zu fühlen; und es scheint uns unbestreitbar, daß die Vorstellung dieser Schwingungen für einen großen Teil der heutigen Menschheit zu der Vorstellung des Schalls als eines realen Gegenstandes gehört. Auf demselben Gebiet liegt auch die Umwandlung, die Sonne, Mond und Himmel als Gegenstände erfahren haben. Wir haben ferner gesehen, daß sobald wir das Eingreifen des Gedächtnisses in unsere Wahrnehmung zugeben, wir vom philosophischen Standpunkt aus auch zuzugeben genötigt sind, daß unser *Wissen* dabei mitspielt; daraus aber ergibt sich gleichfalls die Schlußfolgerung, daß der gemeine Menschenverstand sich weiter entwickelt. So ist es möglich, daß etwas, was zunächst eine bloße Hypothese ist, in den daraus gezogenen Folgerungen so gut mit unseren Sinnesanschauungen übereinstimmt, daß eine immer innigere Assoziation hergestellt wird und daß schließlich jene hypothetische Vorstellung durch diese Sinnesanschauungen momentan und automatisch hervorgerufen wird. Von diesem Augenblick an bildet die betreffende Hypothese einen Teil der Wirklichkeit des gemeinen Menschenverstandes, sie ist in der Ausdrucksweise LE ROYS eine rohe Tatsache geworden. Logisch betrachtet, hat sich aber sehr wenig geändert, denn die rohen Tatsachen sind im Grunde weiter nichts als kausale Hypothesen, genau wie die wissenschaftlichen Tatsachen und Theorien.

Gewiß werden die wissenschaftlichen Hypothesen durch die Fortsetzung desselben Prozesses erzeugt, der die Wirklichkeiten des gemeinen Menschenverstandes schafft; aber weil in diesem Falle die Tätigkeit mit Bewußtsein erfolgt, genießen die wissenschaftlichen Hypothesen geringere Autorität. Wir fühlen, daß sich zwischen die

Hypothesen und die Tatsachen die Gesetze einschieben; obwohl diese letzteren nicht den Anspruch erheben, gleich den Hypothesen in das Geheimnis des Schaffens der Natureinzudringen, scheinen sie uns doch den Tatsachen selbst näher zu stehen. Daher kommt es auch, daß ein Gesetz, welches die Erhaltung eines Begriffs behauptet und deswegen einen echten *Gegenstand*, beinahe ein Ding an sich,¹ zu schaffen scheint, unserem Geist gegenüber die Autorität des Gesetzes mit der der Hypothese vereinigt. Offenbar ist das nur eine etwas andere Form der Erklärung, die wir früher gegeben haben (S. 220); aber vielleicht wird man sie unter diesem neuen Gesichtspunkt noch einleuchtender finden. Sie scheint uns auch die besondere Natur der fraglichen Sätze klarer hervortreten zu lassen, den Grund, aus dem sie ganz offensichtlich innerhalb der wissenschaftlichen Aussagen eine besondere klar umschriebene Klasse, diejenige der *plausiblen* Aussagen bilden, ungeachtet alles dessen, was wir über die Rolle erfahren haben, die die Kausalität in der Naturwissenschaft spielt, und insbesondere über ihr unaufhörliches Eingreifen bei der Entstehung dieser Wissenschaft. Die besondere Stellung der Erhaltungsprinzipie rührt daher, daß der Einfluß des Kausaltriebes bei ihnen seinen Höhepunkt erreicht und mitten in dem Gebiet zum Vorschein kommt, das der Gesetzlichkeit allein vorbehalten scheint: das Erhaltungsprinzip scheint direkt aus dem Kausalprinzip ableitbar zu sein und läßt sich andererseits doch als experimentelles Gesetz behandeln.

An dieser Autorität haben alle Gesetze teil, die eine mechanische oder räumliche Deutung zulassen, allerdings in geringerem Grade als die Erhaltungsgesetze, weil sie weniger unmittelbar aus dem Kausalprinzip ableitbar sind. Das gilt z. B. für die Gesetze der Wärmestrahlung oder für das Newtonsche Gesetz. POINCARÉ schreibt der Konstanten 2, die sich als Exponent im Anziehungsgesetz findet, eine besondere Bedeutung zu. Er erklärt sie für *wesentlich*, während die meisten anderen nur *nebensächlich* sein sollen. Uns scheint für diese Unterscheidung kein anderer Grund angebar zu sein als der Umstand, daß gerade der Exponent 2 eine räumliche Deutung zuläßt.

* * *

¹ Wir dürfen hier wohl daran erinnern, daß OSTWALDS System darauf hinausläuft, die Energie zu diesem Range zu erheben (S. 371).

Wir wollen jetzt zu unserem Ausgangspunkt zurückkehren und im Lichte der im Laufe unserer Arbeit festgestellten Ergebnisse noch einmal das wichtige Problem erörtern, das wir zu Anfang behandelt haben, nämlich die Beziehungen zwischen den beiden Prinzipien der Gesetzmäßigkeit und der Kausalität. Wir hatten damals beweisen, daß das zweite aus dem ersten nicht ableitbar ist, und was wir inzwischen gelernt haben, konnte uns in dieser Überzeugung nur bestärken. Das Prinzip der Gesetzmäßigkeit beherrscht in der Tat die ganze Naturwissenschaft, je weiter diese die Grenzen ihres Reiches ausdehnt, um so mehr wächst auch das der Gesetzmäßigkeit, denn die Grenzen beider Reiche fallen ja zusammen. Mit dem Prinzip der wissenschaftlichen Kausalität, das eine Form des Identitätsprinzips ist, verhält es sich anders. Indem es die Begreiflichkeit der Natur postuliert, läuft es auf ihre vollständige Vernichtung hinaus.

Indessen haben wir soeben festgestellt, daß die Natur sich auch den Forderungen des Kausalprinzips fügt, daß hier eine, freilich partielle, aber dennoch wirkliche Harmonie besteht. Wäre es nicht möglich, daß diese beiden Feststellungen in Wirklichkeit auf eine einzige hinauslaufen? Könnte es nicht sein, daß die vollständige Fügsamkeit gegenüber der Gesetzmäßigkeit und die partielle Fügsamkeit gegenüber der Kausalität im Grunde eine und dieselbe Sache sind oder sich wenigstens gegenseitig bedingen? Oder, um das Problem in etwas anderer Form zu stellen, könnte nicht aus der Existenz der Regeln die Erhaltung gewisser Begriffe folgen? Viele Denker scheinen mehr oder weniger ausdrücklich angenommen zu haben, daß diese Frage zu bejahen sei, und wir glauben, daß gerade dies eine weitere Quelle ist, aus der die Verwechslung des Prinzips der Gesetzmäßigkeit mit dem der Kausalität entspringt. Sicher ist diese Verwechslung unmöglich, wenn man das Kausalprinzip in seinem strengen Sinne nimmt; dann verlangt es nämlich die Erhaltung von allem, während die Gesetzmäßigkeit gerade die Veränderung voraussetzt. Aber wir können die Kausalität in dieser vollen Strenge auch nicht einen Augenblick anwenden. Das Dasein der Natur genügt, uns daran zu hindern. Sobald wir uns also scheinbar zum Kausalprinzip bekennen, machen wir sofort eine gewisse *reservatio mentalis*: es wird nicht vollständig, sondern nur teilweise anwendbar sein. Hier nun wird die Verwechslung möglich, von der wir soeben sprachen.

Sicher hat LUKREZ ungefähr in dieser Weise geschlossen. Nachdem er feierlich verkündet hat, daß „nichts aus nichts entsteht“ und „nichts zum Nichts zurückkehren kann“ — was ja das Kausalprinzip in seiner absolutesten Form ist —, fügt er sofort hinzu, daß diese Regel nötig ist, damit „die Bäume immer dieselben Früchte tragen“. Will er etwa damit sagen, daß diese Früchte immer vorhanden sind? Sicher nicht, er weiß sehr wohl, daß sie entstehen und vergehen. Er postuliert nur, daß etwas in ihnen — die Keime, die Atome — bestehen bleibt; kaum hat er also das Prinzip ausgesprochen, so verzichtet er auch schon auf seine strenge Anwendung. Dafür scheint ihm aber die partielle Anwendung unentbehrlich, um die Ordnung in der Natur sicher zu stellen, d. h. aber, daß, wie wir oben andeuteten, die absolute Herrschaft der Gesetzmäßigkeit für ihn die partielle Herrschaft der Kausalität nach sich zieht.

Dieser Behauptung ist selten widersprochen worden. NEWTON hat sie vollständig akzeptiert und ihr einen bemerkenswerten Beweis folgen lassen, auf den wir nachher zurückkommen werden. Auch KANT scheint diese Auffassung geteilt zu haben.¹ HARTMANN hält es für bewiesen, daß Gesetzmäßigkeit in den Erscheinungen nur beobachtet werden kann, wenn diese unveränderliche Substanzen zu Substraten haben.² Zeitgenössische Denker scheinen gleichfalls dieser Ansicht zu sein. „Es ist klar“, sagt MILHAUD, „daß, wenn die Welt vom Gesetz beherrscht wird, es Größen gibt, die konstant bleiben“.³ KOZŁOWSKI übernimmt beinahe wörtlich die Erklärung des LUKREZ; nachdem er hervorgehoben hat, daß die Erhaltung der Materie ein „Postulat rein rationalen Ursprungs“ ist, fügt er hinzu: „sie ist die *conditio sine qua non* der Regelmäßigkeit in der Erscheinungswelt. In einer Welt, in der *Alles aus Allem entstehen könnte*, wäre keinerlei Regelmäßigkeit, keinerlei Voraussicht und folglich keine Wissenschaft möglich“.⁴

¹ KANT (*Kritik der reinen Vernunft*, Ausg. ROSENKRANZ u. SCHUBERT, S. 157) erklärt, „das Beharrliche ist das Substratum der empirischen Vorstellung der Zeit selbst, an welchem alle Zeitbestimmung allein möglich ist“. Das zeigt also, daß nach seiner Ansicht ohne die Beharrlichkeit der Substanz die Gleichförmigkeit der Zeit und damit alle Regelmäßigkeit der Erscheinungen unmöglich wären.

² HARTMANN, a. a. O. S. I, 9.

³ G. MILHAUD, *Science et hypothèse*, Revue de métaphysique, XI, 1903, S. 786.

⁴ KOZŁOWSKI, *Sur la notion de combinaison chimique*, Congrès de philosophie de 1900, Bd. III, S. 536.

In anderen Fällen hat man dieser Behauptung eine mehr subjektive Form gegeben (wodurch offenbar ihr Inhalt verändert wird). So glaubt BERGSON, daß „stabile Bilder von der Instabilität des Wirklichen“ für uns nötig sind, um die Wirklichkeit praktisch zu erkennen, m. a. W. um Regeln aussprechen zu können, die uns zu handeln gestatten, sind wir genötigt, die Erhaltung gewisser Begriffe vorauszusetzen. Und man kann sagen, daß eine ähnliche Behauptung in gewissem Sinne, logisch betrachtet, einen der Ecksteine des Systems der Marburger Schule bildet. Diese Philosophen, deren Gesamtwerk eine unvergleichliche Einheit bildet, lehren nämlich bekanntlich, daß der Begriff der mathematischen Funktion die Grundlage unserer Vernunft bildet; der Begriff der Substanz sei ihm untergeordnet, und dessen Rolle in der Naturwissenschaft und der Philosophie beschränke sich gewissermaßen darauf, das Auftreten und Eindringen des Funktionsbegriffs vorzubereiten; die Identität wäre nur ein Werkzeug der Erkenntnis.¹ Also wäre es wie bei BERGSON die Vernunft, die in ihrem Bestreben, das Wechselnde zu erfassen, das Beharrliche schüfe.

Wir wollen die Behauptung zuerst in ihrer objektiven Form prüfen. Um diese Ansicht vollständig zu widerlegen, müßte man zu beweisen imstande sein, daß die Gesetzmäßigkeit allein herrschen könnte, d. h. daß wir uns eine Welt denken könnten (natürlich nicht die unsrige), die derart geordnet wäre, daß sie in einem sie betrachtenden Geist die Idee des Gesetzes erwecken würde, in der jedoch nichts vorhanden wäre, was irgendwie den Gedanken der Beharrlichkeit, der Identität von Dingen in der Zeit hervorrufen könnte. Es genügt, scheint uns, diesen Satz deutlich auszusprechen, um zu bemerken, wie schwer er zu beweisen ist. Man müßte dazu nämlich *in abstracto* über die Natur der Welt und ihre Eigenschaften argumentieren. Da aber die Welt alles umfaßt, fehlt es an Vergleichsmöglichkeiten. Kann man sagen, ob sie überhaupt existiert, kann man behaupten, daß sie Eigenschaften hat? Das hat nur einen Sinn, wenn ich die Welt dem Ich gegenüberstelle. Wenn ich von diesen Eigenschaften

¹ CASSIRER, *Substanzbegriff und Funktionsbegriff*, Berlin 1910, S. 404. — Vgl. NATORF (*Die logischen Grundlagen der exakten Wissenschaften*, Leipzig und Berlin 1910, S. 70-72): „Ließe überhaupt nichts sich als konstant festhalten, so wäre alle Möglichkeit dahin, die Veränderungen selbst zur Bestimmung zu bringen. — Unumgänglich bleibt doch, irgendein Letztes zu supponieren, ein Letztes nicht an sich, sondern für die Rechnung, die uns die Natur wissenschaftlich darstellt“.

rede, so werde ich unwillkürlich genötigt, die Welt mit dem zu vergleichen, was nur ein Teil von ihr ist; wer weiß, ob meine Schlüsse dann nicht Irrtümer enthalten? Wir kennen nur eine einzige Welt. Sie *ist einzig* und ist, was sie ist. So wie sie ist, gestattet sie die Anwendung sowohl des Prinzips der Gesetzmäßigkeit als des Kausalprinzips. Die beiden sind in ihr unlöslich verbunden. Wie soll man sie trennen?

Zum Glück haben wir früher die Wirkung des Kausalprinzips in der Wissenschaft analysiert; das gibt uns jetzt die Möglichkeit, von den Höhen einer auf die Spitze getriebenen Abstraktion, auf die uns Überlegungen über denkbare und undenkbbare Welten unvermeidlicherweise geführt hätten, in Regionen herabzusteigen, in denen eine nicht ganz so dünne Luft weht.

Wir wollen also die verschiedenen Manifestationen des Kausalprinzips in der Naturwissenschaft der Reihenaoh noch einmal vornehmen.

Da ist zuerst die Atomtheorie. An sie dachte LUKREZ, wie wir soeben sahen. Sechzehn Jahrhunderte später hat NEWTON denselben Gedanken ausführlicher entwickelt. Zuerst zeichnet er mit wenigen scharfen Strichen das ewige Fundament der korpuskularen Atomistik: „Am Anfang der Dinge hat Gott die Materie zu festen, massiven, harten, undurchdringlichen, beweglichen Teilchen geformt. Diese ursprünglichen Teilchen sind unvergleichlich viel härter als irgendeiner der aus ihnen zusammengesetzten Körper; sie sind sogar so hart, daß sie sich weder je abnutzen, noch jemals zerbrechen“. Dann fährt er fort: „Solange die Teilchen ganz bleiben, können sie zu jeder beliebigen Zeit Körper der gleichen Natur und Struktur (*Texture*) zusammensetzen. Würden sie sich jedoch abnutzen oder zerbrechen, so würde die Natur der Dinge, die von ihnen abhängt, dadurch verändert werden. Das Wasser und die Erde, die aus alten abgenutzten Partikeln und aus Bruchstücken von solchen bestünden, hätten in der Gegenwart nicht dieselbe Natur und Struktur wie das Wasser und die Erde, die am Anfang der Dinge aus ganzen Teilchen zusammengesetzt waren. Daher dürfen, damit die Natur dauerhaft sei, die Veränderungen der körperlichen Dinge einzig und allein in den verschiedenen Trennungen und Wiedervereinigungen und in den Bewegungen dieser beharrlichen Teilchen bestehen“.¹ M. a. W.:

¹ NEWTON, *Opticks*, 3. Aufl., London 1721, S. 375. Eine ganz ähnliche Beweisführung findet sich auch bei LUKREZ, I. Buch, Vers 552-65, 584-98. —

die Tatsache, daß die Körper zu allen Zeiten denselben Gesetzen gehorchen, beweist, daß sie aus unzerstörbaren Teilchen zusammengesetzt sind; das ist genau dasselbe, was LUKREZ gesagt hatte.

Was beweist diese Überlegung? Auf den ersten Blick hat es den Anschein, als sollte damit eine wirkliche logische Verknüpfung hergestellt werden zwischen den Qualitäten der Naturgegenstände und der Beschaffenheit der Teilchen, aus denen sie zusammengesetzt sind; aber dem ist nicht so: hätte man NEWTON gefragt, wie groß die Teilchen des Wassers und der Erde seien (er dachte zweifellos an die Elemente des ARISTOTELES), wie sie geformt seien und wie man daraus die Qualitäten dieser Stoffe ableiten könne, so hätte er ohne Zweifel die Antwort verweigert. Und wenn LUKREZ hinsichtlich der Atome, aus denen seine Bäume und Früchte bestehen sollten, genauere Angaben gemacht hätte, so würden seine Annahmen uns sicherlich nicht sehr beweiskräftig erscheinen. In Wirklichkeit stützen beide sich auf einen Satz, den man folgendermaßen ausdrücken kann: wir könnten uns nicht vorstellen, daß die Qualitäten der Körper aus etwas anderem als aus den Eigenschaften der sie zusammensetzenden Elementarteilchen entspringen.

So betrachtet, enthüllt uns diese Überlegung ihre wahre Natur: es ist eine kausale Überlegung, eine Hypothese über die Natur der äußeren Dinge, die wir als Ursachen der Erscheinungen voraussetzen. Das wird übrigens durch NEWTONS Darstellung bestätigt; es liegt ihm fern, die Atomtheorie durch diese Überlegung begründen zu wollen, er benutzt sie vielmehr als Voraussetzung. Nun entspringt aber die Atomtheorie aus dem Postulat, daß es keine andere Veränderung gibt als die Ortsveränderung. Man nimmt also stillschweigend an, daß dasjenige, was seinen Ort verändert, im übrigen unverändert bleibt; ist es ein materielles Atom, so muß es natürlich ewig sein. Es ist dann leicht, das, was in den Voraussetzungen bereits enthalten war, als Schlußfolgerung herauszuziehen. Die Beständigkeit der Gesetze spielt in Wirklichkeit bei dieser Deduktion gar keine Rolle, sie bedeutet eine überflüssige Zutat, und der ganze Beweis zeigt nur von neuem, wie schwer es uns fällt, uns an die Erscheinung zu halten und jede kausale Überlegung zu unterlassen; denn diese

Wir können nicht sagen, ob NEWTON *De natura rerum* viel gelesen hat; aber LUKREZ' Beweis findet sich bei GASSENDI wiedergegeben, *Opera*, Lyon 1658, Bd. I, S. 261, wo NEWTON ihn gleichfalls entnehmen konnte.

Überlegung bildet die Grundlage unseres Verstandes. Das trifft so sehr zu, daß uns schließlich gewisse Zweifel bleiben: liegt hier nicht vielleicht noch etwas anderes vor, gibt es zwischen der Gesetzmäßigkeit und der Kausalität nicht vielleicht doch einen tieferliegenden Zusammenhang, der unserer Analyse bisher entgangen ist?

Wir wollen versuchen, die Beweisführung LUKREZ' und NEWTONS noch genauer zu zergliedern. Sind wir doch bei diesem Geschäft in sehr viel günstigerer Lage als die Zeitgenossen des einen oder anderen von ihnen. Wo jene hinsichtlich der Zusammensetzung der Körper nur mit vagen Vermutungen arbeiten konnten, können wir die unendlich viel genaueren Begriffe der heutigen Chemie benutzen. Nun genügt es, einen Blick auf diese Wissenschaft zu werfen, um zu erkennen, daß die Ähnlichkeit der Eigenschaften keineswegs diejenige der Substanzen notwendig nach sich zieht. Das Caesium-Bromür und das Kali-Jodür sind zwei Stoffe, die sich in sehr vielen Hinsichten gleichen; dennoch müssen wir nach den herrschenden Theorien¹ annehmen, daß sie keinerlei Substanz miteinander gemein haben, daß kein einziges Atom des einen Stoffes mit einem Atom des anderen Stoffes identisch ist. Aber es handelt sich hier um sehr einfache Verbindungen, die einfachsten, die wir kennen. In dem Maße, wie wir zu komplizierteren Stoffen übergehen, etwa zu denen, mit denen sich die organische Chemie beschäftigt, sehen wir, daß die Natur des einzelnen Atoms immer weniger die Eigenschaften der Verbindung beeinflußt. Ersetzen wir in einem etwas komplizierteren organischen Molekül ein Wasserstoffatom durch ein Chloratom, so ändern sich die Eigenschaften der Verbindung nur wenig, obwohl doch Chlor und Wasserstoff Elemente mit äußerst verschiedenen Qualitäten sind. Die Veränderung macht sich noch weniger geltend, wenn wir dieses Wasserstoffatom durch eine Gruppe ersetzen, die aus Kohlenstoff und Wasserstoff zusammengesetzt ist, wie z. B. CH_3 oder das Chloratom durch die Gruppe NO_2 . Trotzdem ist in beiden Fällen das Substituierte und das Ersetzte sehr verschieden. Andererseits können dieselben Atome dadurch, daß sie sich anders gruppieren, Zusammensetzungen bilden, deren Eigenschaften so verschieden wie möglich sind. Dafür bieten die Elemente selbst in dem, was man ihre „allotropen Modifikationen“ nennt, vorzügliche

¹ Natürlich, wenn man für den Augenblick von der neuesten Entwicklung der elektrischen Theorien absieht (Vgl. S. 104 f.).

Beispiele: der Sauerstoff und das Ozon, der Kohlenstoff und der Diamant, der gelbe und der rote Phosphor sind zweifellos jeweils sehr verschiedene Stoffe; dennoch müssen wir annehmen, daß die Materie in ihnen dieselbe geblieben ist und nur ihre Anordnung sich geändert hat. Das wird vielleicht noch einleuchtender, wenn wir Verbindungen, vor allem organische, untersuchen. Gleich in den Anfängen der organischen Chemie bot WOHLERS berühmte Synthese ein schlagendes Beispiel dafür; man kann sich schwerlich zwei verschiedenere Stoffe vorstellen, als das cyansaure Ammonium und den Harnstoff. Denken wir etwa an ein etwas komplizierteres organisches Molekül, z. B., um die Vorstellungen zu fixieren, an das Chlorhydrat des Rosanilins, das bekanntlich mit dem unter dem Namen *Fuchsin* bekannten Farbstoff identisch ist. Die Atome, aus denen dieser Körper besteht, können, besonders wenn wir uns nicht mit der einfachen Isomerie begnügen, sondern das Molekül spalten, Stoffe bilden, die Säuren, Basen, Alkohole, Aldehyde, Ketone usw. sein können. Da alle organischen Stoffe sich ungefähr aus denselben Elementen zusammensetzen, so braucht man in der Tat nur ein Stück Kreide, etwas Wasser und etwas salpetersaures Natron in eine Untertasse zu tun und kann dann aus ihrem Inhalt ungefähr alle organischen Stoffe herstellen, und wenn man noch etwas Schwefel und Phosphor hinzufügt, so kann man sogar bis zu den Substanzen aufsteigen, aus denen das menschliche Gehirn besteht. Offenbar ist die besondere Natur, das *quid proprium* dieser Substanzen viel weniger durch die Elemente bedingt, aus denen sie bestehen, als durch deren Anordnung.

Steigen wir noch höher, bis zu den organischen Körpern, den „Bäumen und Früchten“ des LUKREZ, so müssen wir freilich das Gebiet der feststehenden Tatsachen ein wenig verlassen; die Physiologie steht erst in ihren Anfängen und vorläufig vermag die Naturwissenschaft über die wahre Natur der chemischen Reaktionen, die sich in den Tieren und Pflanzen abspielt, kaum mehr als vage Annahmen aufzustellen. Indessen genügen die wenigen Angaben, die sie uns bietet, um den Gang des wissenschaftlichen Denkens auf diesem Gebiete anzuzeigen. Nehmen wir z. B. eine Pflanze, die im Binnenlande gewachsen ist; sie enthält eine gewisse Menge Kalisalze, wovon wir uns durch eine Analyse ihrer Asche leicht überzeugen können. Wir verpflanzen sie an den Meeresstrand, an einen Ort,

wo der Boden arm an Kali, dagegen reich an Natron ist. Sie wird zunächst verkümmern; aber bei geeigneter Pflege werden wir es dahin bringen, daß sie sich wieder erholt; und wenn wir dann ihre Asche analysieren, so werden wir feststellen, daß ein erheblicher Teil der Kalisalze durch Natronsalze ersetzt worden ist. Gewiß ist die Ersetzung des Kali durch das Natron nicht ganz ohne Einfluß auf andere Eigenschaften geblieben; auch äußerlich weicht die Pflanze ein wenig von dem ab, was sie früher war; aber wir dürfen nicht vergessen, daß der *Arttypus* nur ein abstrakter Begriff ist. Die darunter fallenden Einzelwesen — dessen sind wir im voraus wegen des Prinzips der „Ununterscheidbarkeit“ sicher — sind in Wirklichkeit alle voneinander verschieden; es handelt sich nur darum, ob diese Abweichungen groß genug sind, um uns zur Aufstellung einer neuen Klassifikation zu nötigen. In dem betrachteten Falle sind sie es nicht: die Botaniker haben die so verwandelte Pflanze nicht einmal als *Varietät* bezeichnet. Wir können also, um mit LUKREZ zu reden, sagen, daß es noch immer dieselbe Pflanze ist, und daß sie die gleichen Früchte trägt. Dennoch ist die Veränderung, die wir in ihrer Zusammensetzung hervorgebracht haben, beträchtlich: Wir können keinen Augenblick daran zweifeln, daß Kali und Natron in ihrer Entwicklung eine wichtige Rolle spielen; denn wenn wir ihr nicht die erforderlichen Alkalien liefern, kann sie nicht leben. Hinsichtlich der in der Pflanze enthaltenen organischen Stoffe sind wir freilich noch lange nicht so weit vorgeschritten. Wir wissen aber, daß sie von außerordentlich verwickelter Konstitution sind, und können uns deshalb wenigstens vorstellen (und darauf allein kommt es im Augenblick an), daß es uns durch irgendeinen Kunstgriff gelänge, einen für den Haushalt der Pflanze wichtigen Stoff durch eine ihm *homologe Verbindung höherer Ordnung* zu ersetzen (d. h. durch einen Stoff, der dieselbe Konstitution besitzt, in dem aber ein Wasserstoffatom durch eine Gruppe CH_3 ersetzt ist); wir können uns ferner vorstellen, daß dieser neue Stoff, dessen Eigenschaften sich sehr wenig geändert haben, im Haushalt der Pflanze dieselbe Rolle spielte, d. h. daß wir noch immer *dieselbe Pflanze* vor uns hätten.

Diese Beweisführung ist nun zwar gegenüber LUKREZ gültig, gegenüber NEWTON scheint sie es aber nicht im selben Grade zu sein. Wenn wir nämlich auch aus verschiedenen Stoffen *ähnliche* Zusammensetzungen bilden können, so steht doch fest, daß wir auf

diese Weise nicht *identische* Verbindungen erhalten. Wir mögen uns einen organischen Stoff so verwickelt zusammengesetzt denken, wie wir wollen, stets wird doch die Ersetzung eines Wasserstoffatoms durch ein Chloratom oder eine Gruppe CH_3 in ihr eine Veränderung der Eigenschaften hervorrufen, die zwar *möglicherweise* wenig auffällt, die aber nichtsdestoweniger deutlich ausgesprochen sein muß. Das liegt daran, daß nach den herrschenden Theorien über die Unveränderlichkeit der Elemente und das Gesetz der multiplen Proportionen die chemischen Stoffe uns als absolut bestimmte Arten erscheinen, zwischen denen keine Übergänge vorhanden sind. Entsprechen aber diese Annahmen der Wirklichkeit? Es dürfte erlaubt sein, daran zu zweifeln.

Wenn man die chemischen Vorgänge unmittelbar untersucht, so überzeugt man sich leicht, daß die Theorie mehr Regelmäßigkeit in sie hineinlegt, als wirklich darin ist. Wenn ich z. B. behaupte, daß das Silber die und die Eigenschaften habe, so weiß ich sehr wohl, daß meine Aussage, sofern sie nicht ganz grober Art ist, für die ungeheure Mehrheit der Silberstücke, die mir in die Hände fallen werden, nicht vollständig wahr ist, obwohl diese Metallstücke zusammen doch die Spezies „Silber“ bilden. Der Chemiker versteht unter diesem Namen im allgemeinen das, was er genauer „reines Silber“ nennt. Wir haben schon früher von den mühsamen Arbeiten von STAS zur Darstellung dieses Stoffes gesprochen sowie von denjenigen, die unternommen werden mußten, um seine Angaben richtig zu stellen. Offenbar müßte jeder, der die Behauptungen der Forscher verifizieren wollte, welche den Stoff in Händen gehabt haben, lange und mühsame Vorbereitungen treffen. Die Atomtheorie erklärt diese Schwierigkeiten aus der ungeheuren Zahl der Silberatome, die in einem Gramm dieses Metalls enthalten sind, und aus der starken Anziehung, die diese Atome auf solche einer anderen Art (z. B. Sauerstoffatome) ausüben; daraus ergibt sich, daß es äußerst schwierig sein muß, ein Gramm Materie herzustellen, die nur aus Silber besteht. Diese Erklärung ist sehr plausibel. Aber was man hier erklären will, ist eben die Tatsache, daß das Silber, das ich antreffe, so wenig dem Schema entspricht, welches ich mir von ihm gemacht habe, d. h. also gerade der Mangel an Identität in seinen Eigenschaften. Man kann folglich diese angebliche Identität der Eigenschaften nicht dazu verwenden, die Notwendigkeit der Atomistik zu beweisen.

Ohne auf die Vorstellungen BERTHOLLETS zurückzukommen, kann man sich doch fragen, ob nicht die Chemiker deshalb selbst bei einer ziemlich ungenauen Bestimmung der Atomgewichte so enormen Schwierigkeiten begegnen, weil diese Konstanten nicht wirklich unveränderlich sind, sondern innerhalb gewisser Grenzen variieren. Diese Meinung scheint u. a. Sir WILL. CROOKES zu vertreten,¹ und man kann diese Meinung sehr gut erläutern, indem man sich auf die neuen Theorien über den Aufbau der Materie bezieht. Nehmen wir nämlich an, daß das chemische Atom aus einer großen Zahl (man spricht von annähernd tausend) von Unteratomen zusammengesetzt ist. Das wäre also gewissermaßen ein Molekül, aber ein unendlich viel komplizierteres als alle uns bekannten. Nach dem, was wir über diese Art von Strukturen wissen, kann die Natur des einzelnen Unteratoms auf die Eigenschaften des Ganzen nur sehr geringen Einfluß haben. Würde also eines von ihnen durch ein anderes mehr oder weniger ähnliches ersetzt, so würde das entstehende Ganze sehr ähnliche Eigenschaften haben; die Lage ist also dieselbe wie bei den Bäumen und Früchten des LUKREZ.*

Wir wissen übrigens, daß der Stoff, aus dem man sich diese Unteratome, diese Ionen oder Elektronen (um ihnen ihren wahren Namen zu geben) bestehend denkt, nichts anderes als der Äther ist. Die Eigenschaften des zusammengesetzten Körpers können sich also nicht aus denen seiner Bestandteile ergeben: denn es versteht sich, daß der Äther einheitlich und überall mit sich selbst identisch ist. Vielleicht wendet man ein, daß mindestens die Unveränderlichkeit der Eigenschaften des Äthers diejenige der Atome und Moleküle gewährleistet und infolgedessen auch die Beständigkeit der Gesetze garantiert. Aber wir wissen ja, daß der Äther gar keine Eigenschaften haben darf, oder vielmehr er darf nur negative Eigenschaften haben, weil er ja weiter nichts als eine Hypostase des Raumes ist. So kommen wir zu dem Schluß, daß es für die Unveränderlichkeit der Gesetze keine andere Gewähr gibt als die Permanenz der Eigenschaften des Raumes. Dieser Satz erscheint paradox und ist doch im Grunde eine Trivialität, denn auf Grund einer vorangehenden Übereinkunft

¹ W. CROOKES, *La genèse des éléments*, Revue scientifique, 1887, S. 203.

* Die Elemente, die der Verfasser als Unteratome bezeichnet, dies sind die Elektronen und Protonen der neueren Atomphysik. Es sei in diesem Zusammenhang an die Theorie der Isotopen erinnert. Ltn.

wissen wir ja, daß die Gesetze von der Ortsveränderung im Raume unabhängig sind.

Zu demselben Ergebnis hätten wir übrigens auf einem kürzeren, aber vielleicht deswegen weniger sicheren Wege gelangen können. Erinnern wir uns nämlich, daß die alten Atomisten und höchstwahrscheinlich auch NEWTON an die Einheit der Materie glaubten. Daher konnten für sie die verschiedenen Eigenschaften der Körper, wenn sie aus jenen der Atome folgen sollten, nicht aus den Eigenschaften des Stoffs dieser Atome, sondern mußten aus ihrer Gestalt abgeleitet werden. So führt LÉMERY, um ein konkretes Beispiel zu wählen, die besonderen Eigenschaften der Säuren auf die Tatsache zurück, daß sie „spitzige Teilchen“ enthielten.¹ Nun ist aber die Gestalt eine räumliche Funktion (*fonction spatiale*), also setzte man wirklich die Eigenschaften des Raumes als Ursache.

Wir sind also nicht zu der Annahme berechtigt, daß die Ähnlichkeit der Eigenschaften notwendigerweise aus einer zugrunde liegenden Identität der Urmaterie entspringen muß. Man würde damit auf die scholastische Auffassung zurückkommen, nach der in jedem Individuum der Spezies Hund ein gemeinsames Prinzip, die *caninitas*, enthalten ist, oder auch auf die vorlavoisiersche Theorie, nach der die Metalle ein gemeinsames Prinzip, die *Metalizität*, enthalten sollten. Es ist gewiß, daß die Natur sehr viele einander ähnliche Gegenstände enthält und daß wir die Fähigkeit haben, die Ähnlichkeit zu erfassen, zu verallgemeinern und so Regeln zu erschließen. Bleiben wir dabei stehen, enthalten wir uns jeder „Erklärung“, suchen wir nicht nach Ursachen der Ähnlichkeit, so kommen wir nicht zu den atomistischen Vorstellungen; geben wir uns jedoch dieser Untersuchung hin, so werden wir mehr und mehr dahin gelangen, die Eigenschaften des Zusammengesetzten auf die Anordnung und nicht auf die Eigenschaften der Bestandteile zurückzuführen, denn diese entkleiden wir nach und nach aller Qualitäten.² Das Urelement, das wir zu suchen scheinen,

¹ Vgl. S. 421. — Der Zeitgenosse LÉMERY, SYLVIVS (DE LA BOË) leitete dagegen die Eigenschaften der Säuren daraus ab, daß sie „Feuermaterie“ enthielten. Man sieht hier deutlich den Gegensatz zwischen dem mechanistischen Verfahren, nach welchem die Eigenschaften auf die Besonderheit der Anordnung zurückgeführt werden, und demjenigen der qualitativen Theorien, nach denen die Eigenschaften in dem Bestandteil erhalten bleiben.

² „In einer Gruppe interessiert uns nicht der Stoff, die Form allein ist uns wichtig“, sagt POINCARÉ an einer Stelle, wo er davon spricht, daß die

entgleitet uns immer wieder und löst sich endlich im Raume auf; das ist ein Prozeß, dessen Berechtigung wir zur Genüge bewiesen haben, er steht in engem Zusammenhang mit der Tendenz, die uns bei diesen Untersuchungen leitet; denn er entspringt direkt aus einem Prinzip, welches das Analogon und die konsequente Fortsetzung des Kausalprinzips im eigentlichen Sinne ist.

Nächst den atomistischen Theorien bilden die Erhaltungsprinzipie die wichtigste Manifestation der Kausalität in der Naturwissenschaft. Kann man annehmen, daß zwischen diesen Aussagen und der Gesetzmäßigkeit ein innerer Zusammenhang besteht? M. a. W.: erfordert nicht die Tatsache allein, daß wir die Ereignisse der Berechnung unterwerfen können, das Konstantbleiben gewisser Ausdrücke? Das will anscheinend G. MILHAUD behaupten; aber diese These scheint uns nicht nur alles andere eher als evident zu sein, sondern wir halten sie sogar für schwer begründbar. Natürlich müssen wir eine Erscheinung, um sie zu erforschen, künstlich aus dem großen Ganzen herausheben, sie isolieren und sie so „rein“ wie möglich machen; wir verfolgen tunlichst die Veränderung eines einzigen „Grundelementes“, indem wir dabei voraussetzen, daß alle übrigen währenddessen ungeändert bleiben. Aber es folgt daraus nicht, daß die Elemente, die wir momentan als konstant voraussetzen, wirklich unveränderlich sind; wir haben im Gegenteil ein sehr deutliches Gefühl dafür, daß die „reine“ Erscheinung, die wir auf diese Weise schaffen, eine bloße Abstraktion darstellt, daß der natürliche Vorgang unendlich kompliziert ist und daß das, was wir soeben als konstant setzten, uns als variabel erscheinen wird, und umgekehrt, wenn wir nachher zu Vorgängen anderer Art übergehen, ein benachbartes Gebiet der Wissenschaft betreten werden. Daß z. B. die Masse in der Mechanik konstant ist, besagt einfach, daß wir die Bewegungen der Körper unter der Voraussetzung studieren, daß ihre Masse sich während der fraglichen Vorgänge nicht verändert, oder, was auf

alten Mathematiker, während sie scheinbar verschiedene Gegenstände behandelten, sich plötzlich am selben Punkte trafen, ohne zu wissen, weshalb: sie hatten isomorphe Gruppen behandelt (*Science et méthode*, Paris 1908, S.30). — HANNEQUIN (*Essai critique*, S. 229, 237) erkennt vollkommen diese „Kraft der Anordnung“, die zu den fundamentalen Begriffen der erklärenden Wissenschaft gehört; deswegen kommt er zu der Behauptung, die Wissenschaft übertrage stets die Qualitäten des Ganzen auf die dieses zusammensetzenden Atome — das würde aber bedeuten, daß der mechanistischen Theorie jeder mögliche Nutzen und Sinn abgesprochen wird.

dasselbe hinausläuft, wir setzen voraus, daß es rein mechanische Vorgänge gibt. Wir kümmern uns also nicht um den thermischen, elektrischen oder chemischen Zustand der Körper, die wir behandeln, sondern setzen sie alle als unveränderlich. Aber in Wirklichkeit bezweifeln wir keinen Augenblick, daß der mechanische Vorgang von thermischen, elektrischen oder chemischen Vorgängen begleitet wird. Und es folgt daraus keineswegs, daß die Masse weiter konstant bleibt, wenn wir diese Vorgänge ihrerseits untersuchen. Wäre es anders, so könnte man die Erhaltung der Masse unmittelbar aus den Ergebnissen der Mechanik beweisen; dieser Beweis ist aber ganz offensichtlich unmöglich. Gewiß gibt es zwischen den beiden Gedankengängen eine gewisse Verbindung, aber diese beruht auf einem Postulat, nämlich auf dem Satz, daß alle Vorgänge mechanischer Natur sind. Da auf diese Weise alle Nebenerscheinungen, alle Störungsursachen nach der Voraussetzung verschwinden, so leuchtet es ein, daß die Bedingung, die wir für die mechanischen Vorgänge aufgestellt hatten, allgemein gültig wird. — Obwohl im XVII. und XVIII. Jahrhundert die Mechanik bereits sehr hoch entwickelt war, glaubte man damals gewiß nicht an die Erhaltung der Masse bei chemischen Vorgängen, und darin lag durchaus kein Widerspruch. Ebenso würde unsere Mechanik aufrechterhalten bleiben, auch wenn morgen die Beobachtungen LANDOLTS bestätigt und verallgemeinert würden. Kurz, wenn die Existenz der Ordnung in der Natur die Konstanz gewisser Ausdrücke zur Voraussetzung hätte, so müßte man die Erhaltungsprinzipie aus dem Begriff dieser Ordnung allein ableiten können. Wir brauchen aber nur an unsere Analyse der drei Prinzipie zu erinnern. Keines von ihnen ließ sich *a priori* ableiten, alle bedurften sie der Erfahrung. Hätte also das Experiment einen klar entgegengesetzten Entscheid getroffen, so hätten wir diese Prinzipie nicht aufgestellt; dennoch wäre uns die Natur ohne Zweifel auch weiter als geordnet erschienen. In der Tat erschien sie so auch unseren Vorfahren, und die Menschheit hat viele Jahrtausende gelebt, ohne jene Prinzipie zu kennen. Dennoch hat sie gehandelt, d. h. vorausgesehen, und das wäre ohne die Voraussetzung der Gesetzmäßigkeit nicht möglich gewesen.

Schließlich schafft das Kausalprinzip in der Naturwissenschaft noch die Tendenz zur Elimination der Zeit und durch seine Übertragung auf den Raum, die gleichfalls aus dem Identitätsprinzip

folgt, die Tendenz nach der Einheit der Materie. Aber diese Tendenzen stehen mit dem Prinzip der Gesetzmäßigkeit in keinem noch so losen Zusammenhang. Indem das Gesetz bestimmte Beziehungen zwischen dem Antezedens und dem Konsequens aufstellt, unterscheidet es die beiden eben dadurch deutlich voneinander, anstatt sie zu verschmelzen. Hier zeigt sich uns der Gegensatz zwischen dem Prinzip der Gesetzmäßigkeit und dem der Kausalität in seinem vollen Sinne; denn die Elimination der Zeit ist eine sehr hochentwickelte Form dieses letzteren Prinzips. Noch mehr gilt das für die Einheit der Materie und deren letztes Ziel, die Auflösung der Materie in den Raum. Dieses vollständige Verschwinden der Wirklichkeit ist offenbar eine Vorstellung, die derjenigen einer von unerschütterlichen Gesetzen beherrschten wirklichen Welt so scharf wie möglich entgegengesetzt ist.

Wir kommen also zu dem Ergebnis, daß man aus der Tatsache der Gesetzmäßigkeit der Natur an sich keine der Folgerungen ableiten könnte, die wir der Wirkung des Identitätsprinzips zugeschrieben haben. Die Welt der Erscheinungen könnte Gesetzen unterworfen sein, ohne daß außer diesen Gesetzen irgend etwas beständig wäre. COUTNOT hat das folgendermaßen ausgedrückt: „wäre es bewiesen, daß die Körper unter geeigneten Umständen derart vernichtet werden könnten, daß nichts von ihnen übrig bliebe . . ., so würden die Körper deswegen doch nicht aufhören, das Schauspiel verknüpfter und wohlgeordneter Erscheinungen darzubieten“.¹ Könnte es übrigens nicht sein, daß die Konstanz, die wir festzustellen glauben, auf mehr oder weniger groben Täuschungen beruhen? Das Carnotsche Prinzip behauptet eine ständige Fortentwicklung in der Zeit, und es steht uns völlig frei, anzunehmen, daß die Welt allein von derartigen Prinzipien beherrscht wird. Würden wir annehmen, daß in gewissen Fällen diese Entwicklung unendlich langsam vor sich geht, so ergäbe das eine Welt von *wirklichen* Konstanz, wie unsere tatsächlichen Erhaltungsprinzipie sie voraussetzen. Aber wir können auch einfach annehmen, daß die Entwicklung *sehr langsam* vor sich geht, dann wären unsere Konstanz bloß angenähert, die betreffenden Größen würden sich ständig in bestimmter Richtung ändern.

Es ist jedoch zu bemerken, daß die Ergebnisse, zu denen wir soeben gelangt sind, sich nur auf die Wissenschaft beziehen. Würden wir

¹ COUTNOT, *Traité de l'enchaînement*, Paris 1861, S. 156.

versuchen, weiterzugehen und die Identität zu erfassen, sofern sie sich in den Vorstellungen des gemeinen Menschenverstandes offenbart, so würden wir sicherlich auf unüberwindliche Hindernisse stoßen. Der Grund dafür läßt sich übrigens leicht einsehen. Eine Welt, die mir nicht die Vorstellung von etwas Beständigem nahelegen würde, könnte in mir auch nicht den Begriff von einem Gegenstand entstehen lassen. Schaffen wir doch den Gegenstand einzig und allein als einen ersten Versuch einer Erklärung der veränderlichen Empfindung, so daß seine Beharrlichkeit seine wesentliche Eigenschaft ist (S. 380). Daher würde eine solche Welt, als wirklich oder objektiv betrachtet, einen Widerspruch enthalten und sich deshalb auflösen. Bezeichnen wir also mit dem Ausdruck *Empfindung* etwas anderes als die „unmittelbare Gegebenheit“ BERGSONS, denken wir an eine Empfindung von einem *Gegenstand*, so bildet die kausale Deduktion sicher einen integrierenden Teil dieser Empfindung und läßt sich nicht von ihr trennen. Mit den kausalen Deduktionen der Naturwissenschaft verhält es sich dagegen, wie wir gesehen haben, anders, weil es diesen nicht gelingt, sich mit unserer unmittelbaren Empfindung zu verschmelzen (natürlich mit Ausnahme der Fälle, wo sie die Auffassung des gemeinen Menschenverstandes beeinflussen, S. 380). Gerade dieser Umstand hat uns die vorstehende Beweisführung ermöglicht.

Die Welt, von der wir uns auf diese Weise bis zu einem gewissen Grade eine Vorstellung bilden können, gleicht ungefähr der Welt HERAKLITS (oder vielmehr derjenigen, die man ihm gemeinhin unterschiebt; denn es könnte sein, daß der große Epheser nicht so weit von allem Skeptizismus entfernt, noch so sehr der Idee der Ordnung zugetan, noch auch so feindlich den Begriffen der Beharrung gewesen ist, wie man gewöhnlich meint).¹ Es wäre das eine Welt scheinbarer Beharrlichkeiten, wir könnten sie als eine Außenwelt auffassen (oder, wenn man will, sie würde uns dazu zwingen); aber eine etwas tiefer dringende Untersuchung würde sofort jede Vorstellung von Beharrung zum Verschwinden bringen. Die Naturwissenschaft wäre in einer solchen Welt nicht ontologisch wie die unsrige, sondern wahrhaft positivistisch oder idealistisch in dem Sinne, daß sie sich mit dem absoluten Idealismus nicht erst am Ziele ihres Weges, im Akosmismus, sondern gleich von Anfang an treffen würde. Sie würde

¹ Vgl. hierzu Anhang III.

der unsrigen insoweit gleichen, als sie den Gegenstand des gemeinen Menschenverstandes auflöst, aber darin würde sie sich von ihr unterscheiden, daß sie dieses Geschäft nicht zugunsten einer neuen Wirklichkeit besorgen würde, daß sie also an die Stelle des *Objekts* nichts *Objektives* setzen würde, weder Atom, noch Masse, noch Kraft, noch Energie, noch hypostasierte Qualität. Trotz allem, was die positivistische Theorie behauptet, kann man sich eine solche Wissenschaft schwerlich als Ganzes vorstellen. Aber in einzelnen Punkten können wir auf Grund unserer früheren Analyse das Bild etwas genauer ausmalen. So ist z. B. das, was man *Kraft* nennt, ursprünglich etwas begrifflich sehr Kompliziertes; denn es ist eine Hypostase der Beschleunigung, einer Beziehung zwischen zwei Geschwindigkeiten, wobei aber die Geschwindigkeit selbst wieder ein abgeleiteter Begriff ist, der mit Hilfe der Begriffe von Zeit und Raum aufgebaut ist. Weil die Beschleunigung zeitlich konstant ist, gelingt es uns, sie zu hypostasieren, sie in ein *Ding* zu verwandeln. Dabei kommt uns der Umstand sehr zu Hilfe, daß wir diese Hypostase, die Kraft, bis zu einem gewissen Grade unserer Empfindung der Anstrengung gleichsetzen können (ebenso hilft uns beim Atom die Tatsache, daß wir es einem festen Körper, d. h. einem Gegenstand des gemeinen Menschenverstandes gleichsetzen können). Soll also aus der Betrachtung der Erscheinungen dieser Gruppe sich nicht der Begriff eines Dinges ergeben, so wäre dazu nötig, daß die Beziehung, deren zeitliche Konstanz man aussagt (darin liegt ja das Wesen des Gesetzes), sich weder zur Vereinfachung noch dazu eignete, auch nur entfernt mit einer unmittelbaren Empfindung oder mit Gegenständen des gemeinen Menschenverstandes gleichgesetzt zu werden. Diese zweite Bedingung ist allerdings nicht unentbehrlich, das beweist der Fall der Energie, oder besser noch der des Elektrons. Aber die erste scheint wirklich wesentlich zu sein in dem Sinne, daß, wenn die Beziehung allzu kompliziert bleibt, unsere Vorstellungsvermögen sich als unfähig erweist, sie in ein Ding zu verwandeln. Der Begriff der Kraft wird uns das beweisen. Ohne Zweifel sind wir so sehr daran gewöhnt, die Gesetze des Fallens der Körper an der Erde unter dem Gesichtspunkt der Beschleunigung zu betrachten, daß es uns sehr schwer fällt, diese Betrachtungsweise zu verlassen. Bei den Himmelskörpern jedoch waren die Entdeckung der an sich sehr komplizierten Gesetze ihrer Bewegung einerseits und die Vereinfachung dieser Gesetze, ihre Ableitung durch das Zu-

sammenwirken einer Geschwindigkeit und einer Beschleunigung andererseits getrennte Ereignisse, zwischen denen bekanntlich eine ziemlich lange Zeitspanne lag. Man könnte sich also, wie es scheint, ohne allzu große Mühe vorstellen, daß diese Newtonsche Vereinfachung unmöglich wäre und daß die Keplerschen Gesetze etwas *Letztes* blieben; dann hätte, scheint uns, in diesem Teil der Wissenschaft ein neuer Dingbegriff nur schwer entstehen können.

Müssen wir betonen, wie unvollkommen dieses Bild ist, das wir uns mit so vieler Mühe konstruiert haben? Es wäre gewiß schwierig, für jene Einfachheit irgendeine Schranke zu ziehen. Wir brauchen nur daran zu denken, eine wie komplizierte und abstrakte Beziehung die Energie in Wirklichkeit ist, um uns davon zu überzeugen, daß unser Intellekt sich auf diesem Gebiete als äußerst gutwillig erweist. Es besteht auch kein Zweifel daran, daß hierin eine wesentliche Bedingung seiner Tätigkeit liegt. Denn wie wir wissen, fordert der wissenschaftliche Verstand gebieterisch eine ontologische Wirklichkeit, und wenn die Wissenschaft nicht gestattete, eine solche Wirklichkeit neu zu schaffen, so vermöchte sie sicherlich nicht die alte, d. h. die des gemeinen Menschenverstandes zu zerstören. Die Wissenschaft, die wir uns vorzustellen suchen, ist also streng genommen unvorstellbar; denn da unser Verstand so ist, wie er nun einmal ist, besteht zwischen den Daten des Problems ein Widerspruch. Man kann also die Unmöglichkeit einer gesetzlich geordneten Welt behaupten, in der es keine konstanten Größen gäbe. Aber diese Unmöglichkeit beruht nicht darauf, daß diese Welt als gesetzlich gedacht wird, sondern sie ist in dem Ausdruck *Welt* enthalten, der etwas außerhalb unseres Bewußtseins Befindliches bezeichnet, eine Gesamtheit, die nur aus Substanzen zusammengesetzt sein kann (wie uns das deutliche Beispiel des LUKREZ und NEWTONS es bestätigt). M. a. W.: die Substantialität läßt sich nicht aus der Gesetzmäßigkeit ableiten. Die Persistenz der Beziehung, wie sie sich aus dem Begriff des Gesetzes selbst ergibt, genügt nicht zur Erzeugung des Substanzbegriffs; es muß noch die Tendenz hinzukommen, unsere Empfindungen als in der Zeit beständig aufzufassen, ein Streben, das bereits vor dem gemeinen Menschenverstande da ist und diesen erst schafft.

Aber außerdem zeigt uns die soeben angestellte Analyse von neuem, daß die Welt, in der wir leben, nicht die des HERAKLIT ist. Die Natur

bietet uns wirklich Beziehungen dar, die sich vereinfachen und in Dinge verwandeln lassen; darin besteht die bereits früher von uns festgestellte Übereinstimmung zwischen der Natur und unserem Verstand (S. 420).

Es ist ferner zu bemerken, daß diese Behauptung der Permanenz gewisser Begriffe nicht die einzige Behauptung ist, die wir über die Welt aufstellen können. Neben der Wirkung der Kausalität haben wir das Eingreifen des Carnotschen Prinzips, das, wenn nicht dem Kausalprinzip selbst, so doch mindestens den fundamentalen Tendenzen unseres Intellektes entgegengesetzt ist, aus denen dieses entspringt, und das uns nötigt, einem unabänderlichen Lauf der Welt in einer sich immer gleichbleibenden Richtung ohne die Möglichkeit einer Umkehr anzunehmen. Nun läßt sich aber diese Vorstellung ebensowenig wie das Kausalprinzip aus der bloßen gegenseitigen Abhängigkeit der Erscheinungen ableiten; denn diese erlaubt offenbar ein Anhalten, ein Rückwärtsgehen und eine zyklische Wiederkehr der Ereignisse.

Wenn wir das Vorstehende zusammenfassend uns einer mathematischen Ausdrucksweise bedienen wollen (denn der Begriff der gegenseitigen Abhängigkeit findet ja seinen genauesten Ausdruck in dem der mathematischen Funktion), so können wir sagen, daß die Formel $Y = F(X)$ ohne Zweifel auf alles, was geschieht, auf alle Vorgänge ohne Ausnahme anwendbar ist (natürlich nur soweit, wie man sie der Wissenschaft, d. h. der Gesetzmäßigkeit unterworfen denkt); aber man kann nicht den ganzen Inhalt unseres gegenwärtigen Weltbildes unter diese Formel subsumieren; nicht alles, was wir von der Welt zu kennen glauben, läßt sich durch sie ausdrücken. Denn wir wissen, daß bei allen Veränderungen, die X und infolgedessen auch Y erfährt, gewisse Ausdrücke auf beiden Seiten der Gleichung ungeändert bleiben müssen; und wir wissen ferner, daß X im Grunde das Maß der Zeit ist oder dieser enthält, der einzigen wahrhaft unabhängigen Veränderlichen, die beständig zunimmt. X kann also niemals seinen früheren Wert wieder annehmen, und infolgedessen muß für Y dasselbe gelten. M. a. W.: als *Weltbild* aufgefaßt, ist die Formel $Y = F(X)$ unvollständig, weil zu weit.

Einige von den Beweisgründen, die wir gegen G. MILHAUD angeführt haben, lassen sich auch, wie uns scheint, gegen die These BERGSONs geltend machen. Indessen wollen wir, um sicherer zu

gehen, die Tragweite der Beweisführung in ihrer subjektiven Form etwas näher festzustellen versuchen. Wie wir im Verlaufe unserer Untersuchungen konstatiert haben, erleichtern kausale Annahmen die Anwendung von Regeln; schon auf der Stufe des gemeinen Menschenverstandes bildet die Annahme diskreter Körper, diese erste und rohe Annäherung an den Substanzbegriff, einen integrierenden Bestandteil der Schlüsse, die wir zum Zwecke der Voraussicht ziehen; und was die Naturwissenschaft betrifft, so haben wir gesehen, daß man sogar an ihrer Möglichkeit mit Fug zweifeln kann, wenn sie von allen kausalen Hypothesen entkleidet würde. Wäre es denn nun nicht vielleicht möglich, daß gerade diese Notwendigkeit den Begriff der Kausalität erzeugt hätte, m. a. W., daß wir die diskreten Gegenstände einzig deswegen schufen, weil wir unter der Annahme, daß sie sich bewegen, die Zukunft besser voraussagen können? Nehmen wir nicht vielleicht allein deshalb an, daß das, was die Naturwissenschaft heute die verschiedenen Energieformen nennt, im Grunde identisch sei, weil diese Annahme das Auftreten jeder einzelnen dieser Formen besser vorausszusehen gestattet? Beruht nicht die Vorstellung des Atoms vielleicht einzig auf der dunkel vorhandenen Überzeugung, daß diese Vorstellung uns dazu verhelfen wird, zwischen allen Erscheinungen einen mathematischen Zusammenhang herzustellen?

Stellt man den Gedankengang in dieser Weise dar, so hat er offenbar sehr viel für sich. Wäre es indessen richtig, daß die Beharrlichkeit nur eine Hilfskonstruktion ist, welche die Herstellung eines gesetzmäßigen Zusammenhangs oder einer Funktionsbeziehung (nach der Ausdrucksweise der Marburger Schule) ermöglicht, so müßte man fragen, woher es kommt, daß die mechanische oder atomistische Erklärung, also die Erklärung *per substantiam* anscheinend ein soviel größeres Ansehen genießt als der rein funktionale oder gesetzmäßige Zusammenhang. Die beiden Wege des Begreifens müßten einander gleichwertig sein, oder vielmehr das mathematische Verstehen müßte, da es das wahre Ziel wäre, dauernd und von Anfang an dem anderen vorgezogen werden. In Wirklichkeit dagegen bleibt, wie wir an dem Beispiel des Newtonschen Gravitationsgesetzes gesehen haben, eine rein funktionale Auffassung niemals als solche in ihrer Reinheit erhalten, sondern hat im Gegenteil die unüberwindliche Tendenz, eine erklärende substantialistische Theorie zu

erzeugen. Wie sollte man ferner jene sonderbare Tendenz zur Elimination der Zeit erklären, wenn unser Ziel die Kenntnis der Veränderung wäre? Ist doch die Zeit offenbar die von der Natur selbst dargebotene unabhängige Veränderliche. Und noch sonderbarer erscheint unter diesem Gesichtspunkt die Zurückführung der Erscheinungswelt auf den Raum und damit auf das Nichts, eine Zurückführung, die (das glauben wir bewiesen zu haben) die mathematische Abhängigkeit jeden Substrats beraubt.

Selbst da, wo das Suchen nach einer Konstanz und die Aufstellung einer funktionalen Abhängigkeit sich am engsten zu berühren scheinen, bei den Erhaltungsprinzipien, haben wir gesehen, daß sich jene aus dieser keineswegs ableiten läßt. Bei der Kritik der Behauptung MILHAUDS fanden wir, daß die Erhaltung der Masse sich nicht aus der Mechanik ableiten läßt; hier müssen wir sagen, daß also der Verstand bei der Aufstellung dieses Erhaltungsprinzips auch nicht unbewußterweise am Aufbau der Mechanik arbeiten konnte.

Hätte ferner die Atomistik für unseren Verstand wirklich weiter keinen Wert als den, der in ihrem mathematischen Gehalt liegt, so müßte doch immer und überall zwischen den beiden ein, wenn auch nicht offensichtlicher, so doch fester und wesentlicher Zusammenhang bestehen. Nun ist aber im Laufe der Geschichte sicherlich das Gegenteil der Fall gewesen. In der indischen Atomistik scheint nicht viel Mathematik vorgekommen zu sein; ebensowenig finden wir sie in der Atomistik DEMOKRITS. Gewiß war PYTHAGORAS ein Vorgänger DEMOKRITS, und es steht uns deshalb frei, zwischen ihren Auffassungen einen Zusammenhang zu behaupten; aber nach dem sicheren Zeugnis des ARISTOTELES ist die Atomistik aus der Lehre des PARMENIDES, also aus der Theorie der Beharrung und nicht aus der Lehre vom arithmetischen Aufbau der Welt entstanden. Man kann nicht einmal sagen, daß die Atomistik und die quantitative Auffassung notwendig miteinander verknüpft wären; denn wir haben gesehen, daß es auch qualitative Atomtheorien gegeben hat. Endlich läßt sich nicht bestreiten, daß die Menschheit viele Jahrhunderte lang die Wirklichkeit durch die Qualität erklärt und begriffen hat, wie es übrigens gewisse Bestandteile der Naturwissenschaft bezeugen, die noch sehr lange in ihr erhalten geblieben sind. Diese Vorstellungen aber lassen sich wohl schwerlich mit einem mathematischen Idealismus vereinbaren.

Vielleicht aber hat unser Geist von Anfang an schon auf der Stufe des gemeinen Menschenverstandes erkannt, wie nützlich die Annahme der Beharrlichkeit für die Wahrnehmung der funktionalen Abhängigkeit der Erscheinungen ist, und hat infolgedessen diese Hypothese sozusagen zum Prinzip erhoben und ein unabhängiges Gesetz aus ihr gemacht. Zu dieser Theorie ist zunächst zu bemerken, daß sie in ihrer Anwendung auf die Naturwissenschaft sich der unsrigen merklich nähert. Wäre es nämlich bewiesen, daß unsere Vernunft in der Tat vermöge einer über ihr Ziel hinausschießenden Gewohnheit die Beharrlichkeit selbst da sucht, wo sie für die Aufstellung mathematischer Beziehungen überflüssig ist, so müßte man offenbar diese Tendenz in der Naturwissenschaft sorgfältig verfolgen und ihre Wirkungen aufzeichnen, ohne Rücksicht darauf, wie man über die Entstehung dieser Tendenz denkt. Aber wir meinen, daß man sich nur die Konsequenzen dieser Theorie klarzumachen braucht, um die großen Schwierigkeiten zu bemerken, mit denen sie verknüpft ist. Ohne Zweifel wäre es für den Scharfsinn eines Philosophen nicht unmöglich, zu beweisen, daß der gemeine Menschenverstand im Grunde nicht ontologisch ist; denn über die wirklichen Wege unseres Verstandes wissen wir sehr wenig, und unsere Vernunft ist außerordentlich schmiegsam. Aber die Naturwissenschaft und ihre Geschichte sind aus etwas widerstandsfähigerem Stoff gemacht. Kann man wohl annehmen, daß jene Gewohnheit nicht nur die Vernunft veranlaßt, nach erreichtem Ziel auf ihrem Wege fortzuschreiten, sondern daß es ihr auch gelingt, sie so weit von diesem Ziel wieder zu entfernen, wie das bei der Elimination der Zeit und der Angleichung der Materie an den Raum der Fall ist?

Um alle diese Behauptungen zu widerlegen, brauchten wir also nur den Gang des Beweises, der den Hauptinhalt unserer Arbeit ausmacht, immer wieder sinngemäß modifiziert zu durchlaufen. Sicher wird der Leser auf den vorstehenden Seiten manche ihn ermüdende Wiederholung angetroffen haben. Diese Unzuträglichkeit ließ sich bei der von uns angewandten Methode nur schwer vermeiden. Diese Methode, die AUGUSTE COMTE zwar gepredigt, aber nicht benutzt hat, bestand darin, in die Werkstatt des menschlichen Denkens einzudringen, indem man seine Tätigkeit in der Wissenschaft analysiert. Vielleicht hat der Leser sich davon überzeugt, daß sie gewisse Vorteile vor der anscheinend einfacheren Methode voraus

hat, welche die direkte Selbstbeobachtung verwendet. — Zum Schluß müssen wir noch eine letzte Hypothese in Erwägung ziehen: die Hypothese, nach der das Prinzip der Gesetzmäßigkeit aus dem der Identität folgt und gewissermaßen ein abgekürzter Ausdruck dieses letzteren Prinzips ist. Wir haben gesehen, daß wir zuweilen den Begriff des Gesetzes da gebrauchen, wo wir in Wirklichkeit an die Ursache denken. Das ist eine Synekdoche; wir betrachten die Aufstellung einer gesetzmäßigen Beziehung als Vorbereitung derjenigen einer Kausalbeziehung. Nun beruht aber das Kausalprinzip auf dem der Identität, der Grundlage unserer Vernunft. Könnte es also nicht sein, daß unser Glaube an die Ordnung in der Natur daher kommt, daß wir sie im Grunde als der Identität unterworfen ansehen¹? Diese Hypothese scheint auf den ersten Blick nur schwer annehmbar. Die Identität ist uns, wie wir wissen, etwas, was wir erstreben, aber als weit entfernt erkennen; wir betrachten sie als ein biegsames Prinzip, das sich den Umständen anpaßt, Erklärungen zuläßt und Illusionen erzeugt. Die Gesetzmäßigkeit dagegen ist etwas Starres, sie beansprucht die Herrschaft über alles, was nicht einem irdischen oder überirdischen freien Willen unterliegt, sie läßt keine Ausnahmen zu. Wie könnte nun diese aus jener hervorgehen, und zwar schon in der Morgenröte des menschlichen Denkens? Denn schon der primitive Mensch (um nicht vom Tier zu reden) faßt, wie wir gesehen haben, eine Menge von Erscheinungen, wie z. B. die der Schwere, zweifellos als rein gesetzlich auf. Diese Möglichkeit erscheint, um es noch einmal zu sagen, als sehr schwer annehmbar. Indessen wir wagen es nicht, sie als gänzlich unannehmbar zu bezeichnen. Weil unsere Individualität für uns der Typus aller Einheit überhaupt ist, so haben wir etwas wie eine geheime Neigung, an die Einheit unseres Geistes zu glauben, und diese Neigung wird durch die Zweierheit der leitenden Prinzipie, die wir für unser wissenschaftliches Denken zugelassen haben, gewissermaßen gestört. Wir wollen also den Gedanken der Vereinheitlichung auf diesem Gebiete nicht gänzlich ausschließen; aber wir müssen doch die Tatsache betonen, daß zum mindesten bei dem heutigen Menschen, soweit er sich um die Erkenntnis der Wirklichkeit bemüht, die beiden Prinzipie jedes für sich funktionieren, wenngleich ihre Wirkungen unaufhörlich ineinandergreifen.

¹ So faßt SPIR die Beziehung zwischen den beiden Prinzipien auf (a. a. O. S. 68, 208, 210), und die Tatsache, daß ihm diese Ableitung evident erscheint, verleitet ihn offenbar zuweilen dazu, die beiden Prinzipie zu verwechseln.

Anhänge

I.

Leibniz, Newton und die Fernwirkung

Nachdem NEWTON das Gravitationsgesetz entdeckt hatte, erhob sich die Frage nach dem Wesen der Fernwirkung und wurde auch sofort eifrig erörtert. Sie gab Anlaß zu heftigen Kämpfen, die lebhaften Widerhall fanden (s. z. B. in dem *Briefwechsel zwischen LEIBNIZ und CLARKE*, 1. Schreiben § 1 und 5. Schreiben § 114, Anspielungen, die in fataler Weise nach einem Appell an den weltlichen Arm schmecken, — die Gerechtigkeit erfordert jedoch die Feststellung, daß die Newtonianer LEIBNIZ auf diesem Wege vorangegangen waren, hatte doch COTES in seiner berühmten Vorrede zu den *Principia* erklärt, daß das Suchen nach Ursachen für die Gravitation ein Zeichen von Atheismus sei).

Um so merkwürdiger ist es, daß über die wahre Meinung der Vorkämpfer in beiden Lagern Zweifel haben aufkommen können. War NEWTON wirklich „Newtonianer“, wie man im XVIII. Jahrhundert sagte? Hat er nicht im Gegenteil die Fernwirkungshypothese, wie sie unter Berufung auf ihn formuliert wurde, im Grunde mißbilligt? Hat nicht LEIBNIZ, der „von einem System ausgegangen war, in dem er die Anziehung verwarf“, später seine Ansicht geändert und, um mit DUHEM zu reden (*L'évolution de la mécanique*, S. 39), „hinsichtlich dieses Vermögens schließlich die Meinung der unmittelbaren Schüler NEWTONS geteilt“? Sicher lassen die verschiedenen Texte, die man anführt, sich derart interpretieren. Eine Betrachtung der Ansichten dieser beiden großen Männer im ganzen scheint uns jedoch zu einer Bestätigung der Auffassung zu führen, die ihre Zeitgenossen in dieser Frage hatten.

1. LEIBNIZ. Zunächst müssen wir bemerken, daß, wenn man an der Auffassung von einer Meinungsänderung bei ihm festhält, diese jedenfalls nicht in dem eben angegebenen Sinne stattgefunden haben kann. Gerade in den Werken seines reifen Alters nämlich (nach

1700) nimmt er gegen die Newtonschen Ideen mit einer Deutlichkeit Stellung, die nichts zu wünschen übrig läßt. So sagt er z. B. in den aus dem Jahre 1703 stammenden *Nouveaux Essais*: „On peut juger que la matière n'aura pas naturellement l'attraction mentionnée ci-dessus, et n'ira pas d'elle-meme en ligne courbe, parce qu'il n'est pas possible de concevoir comment cela s'y fait, c'est-à-dire de l'expliquer mécaniquement“; und in der Fortsetzung bezeichnet er diese Hypothese als eine *faule (jainéante)* und behauptet, sie zerstöre „également notre Philosophie qui cherche les raisons, et la divine sagesse qui les fournit“ (Ausg. Erdmann S. 203). In dem Briefwechsel mit CLARKE, der aus den Jahren 1715 und 1716 stammt und die letzte bedeutende Schrift LEIBNIZ' bildet (sicher ist er späteren Datums als die gewöhnlich angeführten Stellen über die Kraft usw.) drückt er sich womöglich noch schärfer aus. Wir geben die markantesten Stellen wieder, 4. Schreiben, § 45: „Il est surnaturel aussi que les corps s'attirent de loin, sans aucun moyen; et qu'un corps aille en rond, sans s'écarter par la tangente, quoique rien ne l'empêchât de s'écarter ainsi. Car ces effets ne sont point explicables par les natures des choses.“ — 5. Schreiben, § 35: „Car c'est une étrange fiction que de faire toute la matière pesante, et même vers tout autre matière; comme si tout corps attiroit également tout autre corps selon les masses et les distances: et cela par une attraction proprement dite, qui ne soit pas dérivée d'une impulsion occulte des corps: au lieu que la pesanteur des corps sensibles vers le centre de la Terre, doit être produite par le mouvement de quelque fluide. Et il en sera de même d'autres pesanteurs, comme de celles des planètes vers le soleil, ou entre elles. Un corps n'est jamais mu naturellement, que par un autre corps qui le pousse en le touchant; et après cela il continue jusqu'à ce qu'il soit empêché par un autre corps qui le touche. Toute autre opération sur le corps est ou miraculeuse ou imaginaire.“ — 5. Schreiben, § 113: „C'est par là que tombent les *Attractions* proprement dites, et autres opérations inexplicables par les natures des créatures, qu'il faut faire effectuer par miracle, ou recourir aux absurdités, c'est-à-dire aux *qualités occultes* scholastiques, qu'on commence à nous débiter sous le spécieux nom de *forces*, mais qui nous ramènent dans le royaume des ténèbres. C'est *inventis fruge, glandibus vesci*.“ — § 114: „Du temps de Mr. BOYLE, et d'autres

excellens hommes qui fleurissoient en Angleterre sous les commemens de Charles II, on n'auroit pas osé nous débiter des notions si creuses. J'espère que ce beau temps reviendra sous un aussi bon gouvernement que celui d'à présent, et que les esprits un peu trop divertis par le malheur des temps, retourneront à mieux cultiver les connoissances solides. Le capital de Mr. BOYLE étoit d'inculquer que tout se faisoit mécaniquement dans la Physique. Mais c'est un malheur des hommes de se dégoûter enfin de la raison même, et de s'ennuyer de la lumière.“ Will man also mit den Tatsachen in Einklang bleiben, so muß man entweder annehmen, daß LEIBNIZ der Fernwirkung zuerst günstig gesinnt gewesen wäre und sich erst zuletzt der Gegenseite zugewandt hätte oder aber, daß er seine Meinung zweimal geändert hätte und gegen das Ende seines Lebens zu den Ansichten zurückgekehrt wäre, zu denen er sich anfänglich bekannt hatte. An und für sich wären derartige Annahmen gewiß nicht besonders unwahrscheinlich. Indessen macht ein aus CLARKES Briefen entnommenes, gewissermaßen psychologisches Argument ihre Annahme etwas schwierig. Schriften, in denen LEIBNIZ von der Kraft sprach, waren damals bereits seit langem veröffentlicht. Bei der Berühmtheit ihres Verfassers ist es sehr unwahrscheinlich, daß CLARKE sie nicht gekannt haben sollte, selbst wenn man nicht annehmen will, daß er die Werke seines Gegners extra durchgelesen habe, um daraus Waffen gegen ihn zu entnehmen. Gewiß schlägt CLARKE einen etwas gemäßigteren Ton an als sein berühmter Gegner. Hätte er indessen die Möglichkeit gehabt, ihn mit sich selbst in Widerspruch zu setzen, glaubt man, daß er sich dieses *argumentum ad hominem* hätte entgehen lassen? Nun findet sich jedoch in dem ganzen Briefwechsel keine Spur eines solchen Arguments. Wir glauben aber, daß man auch durch eine direkte Prüfung der erwähnten Texte die Behauptung begründen kann, daß LEIBNIZ in dieser Frage seine Ansicht nicht geändert hat. Die fragmentarische Art, in der er sich auszudrücken liebte, verbreitet zwar trotz der scheinbaren Klarheit der Sätze häufig eine gewisse Dunkelheit über seine Erklärungen, die das Eindringen in ihren wahren Sinn ziemlich schwer macht; dennoch hoffen wir zeigen zu können, daß seine Meinungen in der uns hier beschäftigenden Frage von dem Beginn seiner wissenschaftlichen Laufbahn an bis an deren Ende durchaus miteinander verträglich geblieben sind.

Wir beginnen mit der Bemerkung, daß LEIBNIZ, wenn er die bewußten Fragen behandelt, im allgemeinen mit der Aufstellung des Prinzips anfängt, daß „das Wesen des Körpers“ nicht in seiner Ausdehnung allein besteht. Heute erscheint uns das als völlig evident (obgleich die moderne Naturwissenschaft, wie wir im VII. Kapitel gesehen haben, gleichfalls zu der entgegengesetzten Annahme neigt); damals aber war die exakte Wissenschaft kartesianisch gesinnt, und DESCARTES hatte, wiesattsam bekannt ist, die Begriffe „Materie“ und „Raum“ völlig miteinander verschmolzen. Die erste der von DUHEM angeführten Schriften (sie ist 1691 erschienen) trägt geradezu den Titel *Lettre sur la question si l'essence du corps consiste dans l'étendue* (Erdmann, S. 112-113). Es heißt dort: „Tout cela fait connoître qu'il y a dans la matière quelque autre chose, que ce qui est purement Géométrique, c'est-à-dire que l'étendue et son changement, et son changement tout nud. Et à le bien considérer, on s'aperçoit qu'il y faut joindre quelque notion supérieure ou métaphysique, savoir celle de la substance, action, et force; et ces notions portent que tout ce qui pâtit doit agir réciproquement, et que tout ce qui agit doit pâtir quelque réaction; et par conséquent qu'un corps en repos ne doit pas être emporté par un autre en mouvement sans changer quelque chose de la direction et de la vitesse de l'agent. — Je demeure d'accord que naturellement tout corps est étendu, et qu'il n'y a point d'étendue sans corps. Il ne faut pas néanmoins confondre les notions du lieu, de l'espace, ou de l'étendue toute pure, avec la notion de la substance, qui outre l'étendue, renferme la résistance, c'est-à-dire, l'action et la passion.“ Schon vorher behauptet er in der *Réplique à l'abbé de Conti* (1687, Ausg. Dutens, Bd. III, S. 199), „qu'il faudra admettre dans les corps quelque chose de différent de la grandeur et de la vitesse, à moins qu'on veuille refuser aux corps toute la puissance d'agir“. Ebenso betont er in *De primae philosophiae emendatione et de notione substantiae* (1694, Erdmann, S. 122) seinen Substanzbegriff und fährt dann fort: *Quod illi non satis percepisse videntur, qui essentiam ejus (sc. corporis) in sola extensione . . . collocaverunt*. In der kurzen *Lettre à un ami sur le cartésianisme* heißt es: „C'est depuis quelque temps que j'ai des démêlés avec Messieurs les Cartésiens . . . Car quoique je demeure d'accord que le détail de la nature se doit expliquer mécaniquement, il faut, qu'outre l'étendue on conçoive

dans le corps une force primitive, qui explique intelligiblement tout ce qu'il y a de solide dans les formes des écoles." (Erdmann, S. 123). Ebenso sagt er in dem *Supplément à la lettre à Fabri* (1702, Math. Schriften, Gerhardt, Bd. VI, S. 98): *Nempe corporis essentiam Cartesiani collocant in sola extensione, ego vero, etsi cum Aristotele et Cartesio contra Democritum Gassendumque Vacuum nullum admittam . . . , puto tamen cum Democrito et Aristotele contra Cartesium aliquid in corpore esse passivum praeter extensionem, id scilicet quo corpus resistit penetrationi.* Auch in der *Commentatio de anima brutorum* (1710, Erdmann, S. 463) kommt er auf den Gedanken zurück, daß die Ausdehnung allein für den Begriff des Körpers nicht ausreicht.

Da die Aufgabe dieser „höheren metaphysischen Vorstellung“ von „Substanz, Wirkung und Kraft“ in erster Linie darin besteht, den Körper vom bloßen Raum zu unterscheiden, und da andererseits, wie wir sahen, keine Fernwirkung zugelassen wird, so kann es sich nur um ein Wirkungsprinzip handeln, das sich bei der Berührung geltend macht; es ist also m. a. W. mit unserem Begriff der *Masse* gleichbedeutend, natürlich so, wie ihn die Physiker auffassen, die die Fernwirkung ablehnen. Dieser Auffassung scheint ein Umstand zu widersprechen, der sicher auch eine der Hauptquellen für die Irrtümer der Kommentatoren gebildet hat: LEIBNIZ erklärt nämlich scheinbar an manchen Stellen den Massenbegriff für nicht ausreichend. Diejenige Stelle, die in dieser Hinsicht die meiste Beweiskraft zu haben scheint, findet sich im *Système nouveau de la Nature* (1695, Erdmann, S. 124): „Mais depuis ayant tâché d'approfondir les principes mêmes de la Mécanique, pour rendre raison des lois de la Nature que l'expérience faisoit connoître, je m'aperçus que la seule considération d'une *masse étendue* ne suffisoit pas et qu'il falloit employer encore la notion de la *force*, qui est très intelligible quoiqu'elle soit du ressort de la Métaphysique.“

Diese Schwierigkeit verschwindet, wenn man darauf achtet, daß der Ausdruck *Masse* hier nicht dieselbe Bedeutung hat wie in der modernen Mechanik. Das geht ganz klar aus folgender Stelle hervor (*Supplément à la lettre à Fabri* bereits oben zitiert): *Porro τὸ δυναμικὸν seu potentia in corpore duplex est, Passiva et Activa. Vis passiva proprie constituit Materiam seu Massam. Activa ἐντελέχειαν seu formam.* Dieselbe Unterscheidung zwischen der

passiven und der aktiven Potenz der Materie tritt auch in der *Lettre à Wagner* (1710, Erdmann, S. 466, § II) auf: *Respondeo primo, principium activum non tribui a me materiae nudae sive primae, quae mere passiva est, et in sola antitypia et extensione consistit; sed corpori seu materiae vestitae sive secundae, quae praeterea Entelechiam primitivam seu principium activum continet.* In der Fortsetzung wird diese Unterscheidung noch näher erklärt: *Respondeo secundo, resistantiam materiae nudae non esse actionem, sed meram passionem, dum nempe habet antitypiam, seu impenetrabilitatem, qua quidem resistit penetraturo, sed non repercutit, nisi accedat vis elastica.* Ebenso heißt es in der *Commentatio de anima brutorum*: *Materia in se sumta seu nuda constituitur per Antitypiam et Extensionem. Antitypiam voco illud attributum, per quod materia est in spatio . . . Et proinde admittendum est aliquid praeter materiam quod sit . . . principium . . . motus seu actionis externae. Et tale principium appellamus substantiale, item vim primitivam ἐντελέχειαν τὴν πρώτην . . . quod activum cum passivo conjunctum substantiam completam constituit* (Erdmann, S. 463).

Dieses aktive Prinzip erscheint außerdem als eine intensive Größe, als Ursache der Veränderung in der Natur: *Activum vel Potentia praeditum est Thema (vel rerum status) ex quo sequetur mutatio certis quibusdam praeterea positis inertibus, seu quae talia sunt, ut ex ipsis solis positis utcunque nulla mutatio sequatur* (CASSIRER, *Leibniz' System*, Marburg, 1902, S. 336). Es ist das Prinzip, aus dem die Bewegungsgesetze entspringen, denn es ist die Ursache dafür, daß die Summe der lebendigen Kräfte nicht zunehmen kann, weil ein Körper einen anderen nur auf Kosten seiner eigenen Kraft schieben kann; das ergibt sich aus der Fortsetzung des *Supplément à la lettre à Fabri* (diese Stelle wird im Anhang II bei der Besprechung von KEPLERS Trägheitsbegriff angeführt).

Der Unterschied zwischen dem Leibnizschen und dem modernen Massenbegriff besteht also darin, daß wir bei diesem Ausdruck sowohl an die passive als an die aktive Seite der Erscheinung denken; LEIBNIZ dagegen, obwohl er sich natürlich darüber klar war, daß die beiden untrennbar verknüpft sind (s. die oben angeführte Stelle aus der *Lettre sur la question etc.*) trennte sie in Gedanken und nannte die Fähigkeit zu leiden für sich genommen Antitypie, Undurchdringlichkeit oder Masse; diese schrieb er der ersten oder nackten Materie

zu, während die Fähigkeit zu handeln bei ihm *Form*, *Entelechie* oder *Kraft* heißt und zu jener hinzutretend die *bekleidete Materie* bildet. Ein Körper, der nur mit Antitypie ausgestattet wäre, wäre gewissermaßen ein harter Körper, der aber jeder Elastizität bar wäre; allerdings treffen diese Ausdrücke insofern nicht ganz zu, als für uns der Begriff der Härte die Fähigkeit zu wirken umfaßt, während LEIBNIZ tatsächlich an eine Art rein passiver Härte dachte, zu der, damit sie sich in Wirkungen äußere, noch eine elastische Kraft hinzukommen muß. Das sieht man aus der oben angeführten Stelle in der *Lettre à Wagner* und noch deutlicher aus der Fortsetzung des *Supplément à la lettre à Fabri*, wo er deduziert, daß jeder Körper seinem Wesen nach elastisch ist. Aber diese *vis elastica* ist nicht die Kraft oder Entelechie selbst; sie soll vielmehr aus dieser Kraft (die er diesmal *aktive Kraft* nennt) und der Bewegung erklärt werden: *quae ex motu, adeoque et vi activa materiae superaddita, derivari debet*. Diese Worte fügt er in den *Lettre à Wagner* dem Ausdruck *vis elastica* hinzu, und in dem *Supplément à la lettre à Fabri* (a. a. O., S. 103) sagt er gleichfalls: *Hinc autem intellegitur, etsi admittatur vis illa primitiva seu Forma substantiae, tamen in vi elastica aliisque phaenomenis explicandis semper procedendum esse Mechanice, nempe per figuras quae sunt modificationes materiae, et per impetus qui sunt modificationes formae*. Der Ausdruck *mechanice* bedeutet hier, wie im allgemeinen bei LEIBNIZ: durch Berührung, d. h. unter Ausschluß der Fernwirkung; gelegentlich allerdings bezeichnet er bei ihm das, was sich allein auf die erste oder nackte Materie bezieht, so wenn er sagt (*Commentatio de anima brutorum*, Erdmann, S. 463): *Itaque pro certo habendum est, ex solo mechanismo, seu materia nuda, eiusque modificationibus perceptionem explicari non posse, non magis, quam principium actionis et motus*. Hier liegt offenbar ein gewisses Schwanken der Terminologie vor, das zu dem oben erwähnten Mißverständnis mit beigetragen hat. (Über die beiden Massenbegriffe bei LEIBNIZ vgl. auch CASSIRER, a. a. O., S. 333-342, 515.)

Aus der zuletzt angeführten Stelle ergibt sich ferner, daß LEIBNIZ mit diesem Kraftbegriff auch die Wahrnehmung sowie die Seele der Tiere in Zusammenhang brachte. Das ist ein Gesichtspunkt, den er in den meisten in diesem Anhang angeführten Schriften stark betont. Wir waren manchmal genötigt, um unsere Beweisführung nicht zu stören, die Zitate zu verstümmeln, indem wir alles auf diese

Seite der Frage Bezügliche durch Punkte ersetzen. Die klarste Auseinandersetzung dieser Art findet sich in der *Lettre à Wagner: Respondeo tertio: Hoc principium activum, hanc Entelechiam primam, esse revera principium vitale, etiam percipiendi facultate praeditum, et indefectibile, ob rationes dudum a me allegatas. Idque ipsum est, quod in brutis pro anima ipsorum habeo*. Beachtet man, daß LEIBNIZ bei der Einführung des Begriffes Kraft im *Système Nouveau* (vgl. oben S. 325 und S. 481) von ihm ohne weitere Erklärung behauptet, „er sei sehr verständlich, obwohl zum Gebiet der Metaphysik gehörig“, ferner daß er an einer ähnlichen Stelle der Abhandlung *De primae philosophiae emendatione* (Erdmann, S. 122) nach den Ausdrücken *vis seu virtus* in Klammern hinzusetzt: „quam Germani vocent Kraft, Galli la force“ (das beweist deutlich, daß er sich nicht auf eine wissenschaftliche Abstraktion, sondern auf eine Vorstellung des gemeinen Menschenverstandes bezieht), so kommt man zu dem Schluß, daß LEIBNIZ an das dachte, was wir *Empfindung der Anstrengung* nennen. Übrigens gebraucht er den entsprechenden Ausdruck in einer anderen Schrift (*Lettre à Péliisson*, Ausg. Dutens, Bd. III, S. 718): „La notion de force est aussi claire que celle de l'action et de la passion. Car c'est ce dont l'action s'ensuit, lorsque rien ne l'empêche; l'effort, *conatus*: et au lieu que le mouvement est une chose successive, laquelle par conséquent n'existe jamais, non plus que le temps parce que toutes les parties n'existent jamais ensemble; au lieu de cela, la force ou l'effort existe tout entier à chaque moment, il doit être quelque chose de véritable et de réel.“ Es dürfte daher keine allzu kühne Behauptung sein, wenn man eine Verwandtschaft dieser Ansichten mit denjenigen SCHOPENHAUERS feststellt, der sagt, daß wir uns „hinter den Kulissen der Natur“ befinden, wenn wir einen Willensakt vollziehen (vgl. IX. Kap., S. 325).

Räumt man ein, daß LEIBNIZ den Ausdruck „verständlich“ (*intelligible*) in dem eben angegebenen Sinne benutzt, so erhält seine Erklärung über die völlige Verständlichkeit der Natur (s. oben S. 311) eine ganz andere Bedeutung. Diese Deutung scheint übrigens unvermeidlich zu sein; denn wir haben gesehen, daß LEIBNIZ die Empfindung als mechanistisch unerklärbar auffaßt (S. 303), und der Begriff der prästabilierten Harmonie (S. 316) beweist, daß er die transitive Wirkung ebenso auffaßte; offenbar spielen sich alle beide in einer Sphäre ab, die über den Dingen liegt, die der „Engel“

erklären könnte, in einer Sphäre, die auch durch eine „unendliche Analyse“ nicht erreichbar wäre. Wir wollen dabei anmerken, um jedes Mißverständnis zu vermeiden, daß das Leibnizsche Postulat, auch wenn man es so deutet, von unserer Auffassung abweicht; denn es setzt voraus, daß (bei Vernachlässigung des sich dahinter verbergenden Irrationalen) die Mechanistik die ganze Natur (abgesehen von der Empfindung) zu erklären vermag; wir dagegen glauben, daß diese mechanistische „Erklärung“ in Wirklichkeit nur die Identität erstrebt, die aber, wie das Carnotsche Prinzip beweist, nicht realisierbar ist.

Wir haben im Text vorgezogen, die Leibnizsche Behauptung wörtlich zu nehmen, weil sie uns so die Gelegenheit bot, unsere Gedanken zu präzisieren. Es scheint übrigens, als hätte auch SCHOPENHAUER sie so aufgefaßt; die von uns zitierte Erklärung spielt sicher darauf an (wenn auch der Name LEIBNIZ dort nicht genannt wird); es ist übrigens mehr als wahrscheinlich, daß SCHOPENHAUER sich der von uns festgestellten Verwandtschaft der Auffassungen nicht bewußt gewesen ist.

Bekanntlich stand für LEIBNIZ hinter der physischen Welt der Mechanistik eine metaphysische Welt der Monaden; und die Schwierigkeit der Erfassung seiner Gedanken macht sich besonders fühlbar, wenn es sich, wie in der vorliegenden Frage, darum handelt, das Verhältnis zu verstehen, in dem diese beiden Welten bei ihm stehen.

2. NEWTON. Es steht fest, daß NEWTON niemals behauptet hat, die Gravitation beruhe auf einer echten Fernkraft. Aber die 1713 erschienene zweite Auflage der *Principia* enthält eine Vorrede von ROGER COTES, worin dieser sich darüber sehr deutlich ausspricht. Die Schwere ist der Materie im selben Grade wesentlich wie Ausdehnung, Beweglichkeit und Undurchdringlichkeit; sie ist auch keine *qualitas occulta*, da man ihr Dasein direkt beweisen kann: *ex Phaenomenis ostensum est hanc virtutem revera existere*. Kann man annehmen, daß NEWTON in dieser so wesentlichen Frage mit seinem Schüler absolut uneins gewesen sei, und wenn ja, daß er ihm nichtsdestoweniger freie Hand gelassen hätte, auf die Gefahr, durch ihn bloßgestellt zu werden? Bekanntlich war NEWTON alles, was nach Diskussion oder Polemik aussah, von Herzen verhaßt, und er vermied systematisch alle derartigen Auseinandersetzungen. Ist es also zu glauben, daß er Ansichten als die seinen hätte hinausgehen

lassen, die bei seinen Zeitgenossen Anstoß erregen und ihn deshalb unbedingt in Streitigkeiten hineinziehen mußten, wenn diese Ansichten denen schnurstracks entgegenliefen, zu denen er selbst sich bekannte? Ist es nicht unendlich viel wahrscheinlicher, daß er, nach ROSENBERGERS treffendem Ausdruck (*Geschichte*, III, S. 2), sie stillschweigend gebilligt hat?

Gegen diese Beweisführung und gegen die einmütige Meinung der Zeitgenossen und der unmittelbar folgenden Zeit führt man eine Anzahl von Stellen ins Feld. Die scheinbar präziseste unter ihnen findet sich in einem Brief an BENTLEY (vom 25. Februar 1692, *Opera*, Ausg. Horsley, London, 1785, S. 438): *That gravity should be innate, inherent and essential to matter, so that one body may act upon another through a vacuum, without the mediation of anything else, by and through which their action and force may be conveyed from one to another, is to me so great an absurdity, that I believe no man who has in philosophical matters a competent faculty of thinking, can ever fall into it.* Sieht man jedoch genauer zu, so zeigt sich, daß diese Erklärung in Wirklichkeit sehr viel weniger beweiskräftig ist, als es zunächst scheint. Wir werden weiter unten sehen, daß CLARKE sich in ganz ähnlicher Weise, wenn auch weniger nachdrücklich, ausgesprochen hat; und doch besteht kein Zweifel daran, daß er, von unserem Gesichtspunkt betrachtet, ein Anhänger der Fernwirkung war. NEWTON sagt keineswegs, daß eine Wirkung ihm nur durch die Berührung zweier Körper möglich erscheine; er begnügt sich mit der Erklärung, daß ein Körper eines Vermittlers bedarf, um auf einen anderen zu wirken; die Natur desselben läßt er unbestimmt und behauptet jedenfalls nicht, daß er materiell sein müsse. — Man braucht sich übrigens nur anzusehen, wie der Empfänger des Briefes diese Erklärungen verstanden hat (BENTLEY war eigentlich Hellenist, aber in naturwissenschaftlichen Fragen ziemlich bewandert und im übrigen offenbar von einer vorzüglichen Auffassungsgabe; er hatte den Auftrag erhalten, als erster eine Reihe von acht Vorlesungen zur Verteidigung des Christentums zu halten, die auf Grund eines Vermächtnisses des berühmten Naturforschers ROBERT BOYLE, der zugleich ein strenger Protestant war, alljährlich abgehalten werden sollten. Zu diesem Zweck hatte sich BENTLEY an NEWTON gewandt, und dessen Briefe stellen seine Antworten auf diese Bitte um Aufklärung dar. Die Vorlesungen wurden noch in demselben Jahre

1692 gehalten und erschienen bald darauf auch im Druck. Sie hatten großen Erfolg und erlebten zahlreiche Auflagen. Die im folgenden von uns angeführten Stellen sind Auszüge aus der siebenten Vorlesung, die betitelt ist: *A Confutation of Atheism from the Origin and Frame of the World*, (sie wurde am 7. November gehalten). *'Tis utterly inconceivable*, sagt BENTLEY, *that inanimate brute Matter, without the mediation of some Immaterial Being, should operate upon and affect other Matter without mutual Contact; that distant Bodies should act upon each other through a Vacuum without the intervention of something else by and through which the action may be conveyed from one to the other.* Und er fügt hinzu: *Now if these things be repugnant to Human Reason; we have great reason to affirm, that Universal Gravitation, a thing certainly existent in Nature, is above all Mechanism and material Causes, and procedes from a higher principle, a Divine energy and impression* (RICHARD BENTLEY, *Eight Sermons preach'd at the Honourable Robert Boyle's Lecture*, 5. Aufl. Cambridge, 1724, S. 277, 281). Die allgemeine Tendenz dieser Erklärungen entsprach gewiß NEWTONS Geschmack: bekanntlich entwickelten sich von da an die engsten Beziehungen zwischen den beiden, die bis zu NEWTONS Tode andauerten. Indessen neigte dieser vielleicht dazu, ein weniger direktes Eingreifen der Gottheit anzunehmen, und dachte daran, daß ein gewisses Medium, ein immaterielles oder spirituelles Prinzip dabei eine Rolle spielen könnte, ein Gedanke, den er der halbtheologischen Lehre HENRY MORES entnahm; haben doch die Ansichten dieses Philosophen aus der zweiten Hälfte des XVII. Jahrhunderts damals anscheinend großes Ansehen genossen. Eine Darstellung dieser Ansichten findet man bei LASSWITZ (*Wirklichkeiten*, 2. Aufl., S. 42 f.); man kann dort auch nachlesen, wie dank NEWTONS religiösen Neigungen sich das, was ursprünglich eine Art theologischen Glaubensartikels war, bei ihm in eine physikalische Theorie verwandelte, der dann seine Autorität auch bei seinen Zeitgenossen Eingang verschaffte. Rein physikalisch betrachtet lief aber seine Ansicht offensichtlich auf die einfache Fernwirkung hinaus. CLARKE erwähnt in seiner Diskussion mit LEIBNIZ noch ein immaterielles Prinzip (4. Replik, § 45, Erdmann, S. 762): „Il est vrai que si un corps en attiroit un autre, sans l'intervention d'aucun moyen, ce ne seroit pas un miracle, mais une contradiction; car ce seroit supposer qu'une chose agit où elle

n'est pas. Mais le moyen par lequel deux corps s'attirent l'un l'autre peut être invisible et intangible et d'une nature différente du mécanisme.“ CORES dagegen verzichtet darauf. Wenn NEWTON zugelassen hat, daß die Theorie in dieser Weise dargestellt wurde, so geschah das wahrscheinlich, weil er sich davon überzeugt hatte, daß die beiden Ansichten, physikalisch betrachtet, auf dasselbe hinauskommen, und er es für besser hielt, in einem Buch über Physik eine Hypothese fortzulassen, die letzten Endes doch theologischer Natur war. Übrigens ist klar, daß man die *Kraft* als den „Vermittler“ auffassen kann, von dem im Brief an BENTLEY die Rede ist; es ist jedoch zu bemerken, daß dieser Ausdruck *Kraft* dort offenbar nicht auf die Fernwirkung, sondern wie bei LEIBNIZ ausschließlich auf die Wirkung in der Berührung angewandt wird.

Außer dem Brief an BENTLEY kann man noch mehrere mehr oder weniger zweideutige Stellen geltend machen, die sich in den *Principia* und in der *Optik* verstreut finden. Eine der prägnantesten folgt in den *Principia* auf das berühmte *hypotheses non fingo*. Es lohnt sich jedoch, die Stelle vollständig zu zitieren: *Rationem vero harum Gravitatis proprietatum ex Phaenomenis nondum potui deducere, et Hypotheses non fingo. Quicquid enim ex Phaenomenis non deducitur, Hypothesis vocanda est; et Hypotheses seu Metaphysicae, seu Physicae, seu Qualitatum occultarum, seu Mechanicae, in Philosophia Experimentalis locum non habent. In hac Philosophia Propositiones deducuntur ex Phaenomenis, et redduntur generales per Inductionem. Sic impenetrabilitas, mobilitas, et impetus corporum et leges motuum et Gravitatis innotuerunt. Et satis est quod Gravitatis revera existat, et agat secundum leges a nobis expositas, et ad corporum coelestium et maris nostri motus omnes sufficiat* (*Principia*, Amsterdam, 1714, S. 487).

Kein Zweifel, wenn man die Sätze *In hac Philosophia* usw. für sich liest, so sehen sie wie ein Comtistisches Glaubensbekenntnis aus. Man braucht aber nur den ersten Satz: *Nondum potui . . .* zu betrachten, um sich vom Gegenteil zu überzeugen. Offenbar wollte NEWTON sagen, daß man bei der Darstellung der Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen darauf verzichten solle, Annahmen zu formulieren, die nicht durch Tatsachen bestätigt werden; er machte jedoch in dieser Hinsicht keinen Unterschied zwischen Annahmen, die sich auf Gesetze beziehen, und solchen über die Entstehungsweise. Vor allem wollte er die Nützlichkeit solcher Annahmen als

Richtlinien für den Forscher nicht bestreiten, und noch weniger dachte er daran, Untersuchungen über die Entstehungsweise überhaupt zu untersagen. Das beweist die Fortsetzung dieser Stelle zur Genüge. Es handelt sich da um eine etwas unklare Auseinandersetzung, in der die Rede ist von einem *Spiritu quodam subtilissimo corpora crassa pervadente et in iisdem latente*. Auf dieses hypothetische Wesen führt NEWTON die Erscheinungen der Kohäsion, der Elektrizität und des Lichtes zurück; ebenso *Sensatio omnis excitatur et membra Animalium ad voluntatem moventur, vibrationibus scilicet hujus Spiritus per solida nervorum capillamenta ab externis sensorum organis ad cerebrum et a cerebro in musculos propagatis*. NEWTON fügt hinzu: *Sed haec paucis exponi non possunt; neque adest sufficiens copia Experimentorum quibus leges actionum hujus Spiritus accurate determinari et demonstrari debent*. Offenbar handelt es sich hier um eine echte Hypothese über die Entstehungsweise, und wenn NEWTON darauf verzichtet, sie weiter zu verfolgen, so ist der einzige Grund dafür der, daß seine Untersuchungen noch nicht weit genug fortgeschritten sind. — Was die Natur dieser Hypothese betrifft, so beruht sie offenbar auf den Anschauungen MORES, und es ist kaum wahrscheinlich, daß die Wirkung durch Berührung etwas dadurch gewonnen hätte, daß diese Hypothese weiter entwickelt worden wäre.

Ein Ausspruch, der dem *hypotheses non fingo* ähnlich ist, findet sich in NEWTONS *Optik*, und zwar unter den *Questions*, die zu der 1. lateinischen Ausgabe (1706) hinzugekommen sind. Aber auch in diesem Falle muß man den vollständigen Wortlaut anführen. Nachdem er jeden Versuch, die Gravitation durch ein universelles Medium zu erklären, zurückgewiesen hat, fährt er fort: *And for rejecting such a Medium we have the Authority of those of the oldest and most celebrated Philosophers of Greece and Phenicia who made a Vacuum and Atoms, and the Gravity of Atoms, the first Principles of their Philosophy; tacitly attributing Gravity to some other Cause than dense Matter. Later Philosophers banish the Consideration of such a Cause out of Natural Philosophy, feigning Hypotheses for explaining all things mechanically and referring other Causes to Metaphysics: Whereas the main Business of Natural Philosophy is to argue from Phaenomena without feigning Hypotheses, and to deduce Causes from Effects, till we come to the very first Cause, which certainly is not*

mechanical (*Opticks*, 3. Aufl., London 1721, S. 343). Man sieht hier, wie sich die Gegnerschaft gegen die Hypothesen (offenbar vor allem gegen die Cartesischen) mit der Suche nach Ursachen verbindet, und zwar einschließlich der „ersten Ursache“ (die anscheinend ungefähr ebenso aufgefaßt wird wie bei BENTLEY an der oben angeführten Stelle).

Im Gegensatz dazu findet man in der Tat in der *Optik* gewisse Stellen, aus denen hervorzugehen scheint, daß NEWTON eine Zeitlang wirklich daran gedacht hat, die Gravitation auf die mechanische Wirkung eines Mediums zurückzuführen. In der 2. Anmerkung zur *XXI. Question* verwahrt sich NEWTON sogar ausdrücklich dagegen, daß er eine Fernwirkung angenommen hätte: *And to shew that I do not take Gravity for an essential Property of Bodies, I have added one Question concerning its Cause, chusing to propose it by way of a question, because I am not yet satisfied about it for want of Experiments.* In der *Question* selbst spricht er nämlich von einem Medium, das offenbar als ein materielles anzusehen ist und von dem er annimmt, daß es im Innern der Sonne, der Sterne, der Planeten und Kometen weniger dicht ist als in den leeren Himmelsräumen; dieses Medium, das immer dichter wird, je weiter man sich von diesen Körpern entfernt, soll die Ursache der Gravitation sein, der die Himmelskörper in bezug aufeinander und die Teile dieser Körper in bezug auf die Körper selbst unterliegen. — Die stilistische Form dieses Stückes, das sich als Frage gibt, sowie die rhetorischen Vorbehalte der Anmerkung lassen erkennen, daß NEWTON diese Erklärungen nicht sehr ernst nahm, und wenn er im Vorwort zur zweiten Auflage der *Optik* auch einige Sätze schreibt, worin er von neuem dagegen zu protestieren scheint, daß man ihm die Annahme einer direkten Fernwirkung zuschreibt, so denkt er doch andererseits nicht daran, die Stellen aus der *XXXI. Question* wegzulassen, worin er das Programm einer Physik entwirft, die alle Erscheinungen auf die Fernwirkungen der kleinsten Teilchen der Körper zurückführt.

Jene Bemerkungen waren offenbar nur stilistische Formulierungen, die NEWTON vorsichtshalber aufnahm, um Streitigkeiten aus dem Wege zu gehen, die er so gerne vermied. Es steht jedenfalls fest, daß die Zeitgenossen dies als seine wahre Meinung angesehen haben, und alles scheint darauf hinzudeuten, daß sie Recht gehabt haben. Es ist anzunehmen, daß NEWTON erst verschiedene Möglichkeiten

erwogen hatte, bevor er auf den Gedanken der Fernwirkung kam; in dieser Periode hat er vermutlich den Versuch gemacht, die Wirkung der Gravitation aus der eines materiellen Mediums zu erklären; diese tastenden Versuche hat er dann später geschickt benutzt, um seine Gegner scheinbar zufriedenzustellen.

Indessen muß anerkannt werden, daß sich diese Ansicht über NEWTONS Grundüberzeugungen nicht auf direkte Beweise stützen läßt. Aus dem Briefwechsel mit COTES (*Correspondence of Sir Isaac Newton with Prof. Cotes* usw., herausgegeben von EDDLESTON, London 1850, S. 158) ersieht man, daß NEWTON, der die Druckbogen der 2. Auflage, die ihm laufend zugehen, sorgfältig durchsah, sich ausdrücklich geweigert hat, die Bogen von COTES' Vorrede zu lesen. *I must not see it, for I find I shall be examined on it*, schreibt er an seinen Schüler (COTES hatte zuerst den etwas seltsamen Vorschlag gemacht, NEWTON solle allein oder zusammen mit BENTLEY diese Vorrede schreiben, und hatte sich im voraus verpflichtet, seinen Namen darunter zu setzen und sie nachher auch zu verteidigen; aber BENTLEY hatte in seinem eigenen und in NEWTONS Namen diesen Vorschlag von vornherein abgelehnt, a. a. O., S. 150). EDDLESTON glaubt, daß NEWTONS Weigerung auf die Angriffe zurückzuführen ist, die COTES gegen LEIBNIZ wegen der Infinitesimalrechnung gerichtet hatte, für die NEWTON die Verantwortung seinem Schüler allein überlassen wollte. Man kann aber allenfalls auch annehmen, daß die sehr bestimmten Ansichten COTES' über die Gravitation dabei gleichfalls eine gewisse Rolle gespielt haben und daß NEWTON diese Ansichten nicht uneingeschränkt billigte. Indessen bleibt es sehr viel wahrscheinlicher, daß seine Mißbilligung (wenn man sie einmal als wirklich voraussetzt) sich mehr auf die Form als auf den Inhalt der Ausführungen COTES' bezogen hat (über das Verhalten NEWTONS, der seine dogmatischen Ansichten durch seine Schüler aussprechen ließ und diese Schüler zur Bekämpfung seiner Gegner benutzte, indem er dabei selbst eine scheinbare Neutralität bewahrte, vgl. F. ROSENBERGER, *Isaak Newton und seine physikalischen Prinzipien*, Leipzig 1895, S. 6, 260, 287).

Interessant ist, daß COTES selbst sich später in einer Weise ausgesprochen hat, daß seine Erklärungen über das Wesen der Schwerkraft dadurch abgeschwächt wurden (EDDLESTON, *Correspondance*, S. 158).

II.

Die Kopernikaner und das Trägheitsprinzip

Wir haben (S. 113, Anm. 1) gesehen, daß nach ROSENBERGERS Ansicht der Sieg der geozentrischen Theorien im Altertum auf das Fehlen des Trägheitsbegriffs zurückzuführen ist.

Diese Bemerkung ist sicher sehr richtig. Auf den ersten Blick scheint es, als gäbe uns unsere unmittelbare Anschauung eine unbedingte Gewißheit über die Bewegung und die Ruhe. Diese Gewißheit wird durch das Trägheitsprinzip zerstört; denn dieses überzeugt uns davon, daß die Erscheinungen, die wir als Kennzeichen der Ruhe angesehen hatten, in Wirklichkeit der geradlinig gleichförmigen Bewegung zukommen; infolgedessen können wir nunmehr eine Bewegung der Körper in Betracht ziehen, die sich für uns in *scheinbarer Ruhe* befinden.

Diese Auffassung bringt jedoch in historischer Beziehung eine große Schwierigkeit mit sich. Folgerichtigerweise müßte man nämlich erwarten, daß das Trägheitsprinzip zeitlich vor der heliozentrischen Theorie auftritt, oder mindestens, daß beide gleichzeitig ausgesprochen werden. Nun schreibt aber ROSENBERGER selbst das Trägheitsprinzip GALILEI zu. Welche Ansicht soll aber dann KOPERNIKUS selbst in dieser Frage gehabt haben und ebenso diejenigen seiner Anhänger, die in der Zeit zwischen dem Erscheinen des *De revolutionibus* (1543) und den Veröffentlichungen GALILEIS gelebt haben; ja in gewisser Hinsicht muß man unserer Ansicht nach diese Zeit, wie wir sahen, sogar bis zu den Veröffentlichungen DESCARTES' rechnen? Es hat den Anschein, daß die Geschichtschreiber der Physik bei der Behandlung der Männer dieser Zeit über diese Frage nicht die wünschenswerte Klarheit verbreitet haben.

Zweifellos hat PAINLEVÉ an diese Schwierigkeit gedacht, als er eine interessante Theorie über den Ursprung des Trägheitsprinzips aufstellte (*Bulletin de la société française de philosophie*, 5. Jahrgang, 1905, S. 36-37). Dieser hervorragende Mathematiker nimmt an, daß

KOPERNIKUS und die Kopernikaner das Prinzip sehr wohl in seiner Allgemeinheit erfaßt hätten; wenn sie es nicht ausgesprochen hätten, so läge der einzige Grund dafür in der materiellen Gefahr, die eine solche Behauptung mit sich gebracht hätte. Indessen hat es den Anschein, als sei bei den theologischen Diskussionen, die anläßlich dieser Theorie entstanden (wie z. B. in GALILEIS Prozeß), fast ausschließlich von der Bewegung der Erde die Rede gewesen. Noch nach GALILEIS Verurteilung spricht DESCARTES, der bekanntlich äußerst vorsichtig war, das Trägheitsprinzip aus, offenbar ohne sich im geringsten bewußt zu sein, daß er eine vom religiösen Standpunkt aus gewagte Behauptung aufstellt; dagegen drückt er sich mit aller erdenklichen Vorsicht aus, wo er von der Bewegung der Erde spricht.

Nichtsdestoweniger glauben wir, daß in PAINLEVÉS Theorie ein groß Teil Wahrheit steckt, und daß KOPERNIKUS und seine unmittelbaren Nachfolger sich in der Tat implizite auf ein Prinzip über die Bewegung gestützt haben. Allerdings war dies nicht unser heutiges Trägheitsprinzip, sondern eine sehr viel unpräzisere und übrigens teilweise irrige Aussage, die man als *Prinzip der relativen Bewegung* bezeichnen könnte.

Stellen wir zunächst fest, daß bei KOPERNIKUS die Himmelskörper sich keineswegs vermöge der Trägheit bewegen. Im Text haben wir seine Ansicht über die natürliche Kreisbewegung erwähnt sowie, daß nach ihm die Rotation der Erde keine Zentrifugalkraft zur Folge hat. In demselben Zusammenhang kann man auch seine Äußerungen über die berühmte „dritte Bewegung“ der Erdachse anführen. Offenbar hätte KOPERNIKUS es als natürlich angesehen, wenn die Erdachse um die Achse der Ekliptik einen Kegel beschrieb; deswegen glaubte er der Erde neben den beiden Bewegungen der Rotation und des Umlaufs um die Sonne noch eine dritte Bewegung zuschreiben zu müssen, die die Neigung ihrer Achse gegen die Ebene der Ekliptik aufrecht erhalten sollte.: *Sequitur ergo tertius declinationis motus annua quoque revolutione, sed in praecedentia, hoc est contra motum centri reflectens. Sicque ambobus invicem aequalibus fere et obviis mutuo evenit, ut axis terrae, et in ipso maximus parallelorum aequinoctialis in eadem fere mundi partem spectent, ac si immobiles permanent*“ (De revolutionibus orbium coelestium, Thorn 1873, Kap. XI, S. 31).

Diese Theorien liefern keinen absoluten Beweis; haben wir doch gesehen, daß selbst DESCARTES die Rotation der Planeten nicht immer in korrekter Weise behandelt. — KOPERNIKUS hat sich nicht direkt mit Mechanik beschäftigt; von den Bewegungen der irdischen Körper spricht er nur, um ihre Beziehung zur Bewegung der Erde klar zu legen. Wir werden uns also zunächst fragen müssen, welche Aussage er für seine Theorie voraussetzen mußte.

Hierbei leisten uns die im Text dargestellten Ansichten NIKOLAUS' VON KUES wertvolle Dienste. Gewiß war CUSANUS nur ein Vorläufer; von seinen vagen Behauptungen bis zu der durchsichtigen Theorie der Planetenbewegungen, wie sie der große Thorner aufgestellt hat, ist noch ein weiter Weg. Dennoch bleibt die Tatsache bestehen, daß NIKOLAUS die Möglichkeit einer Bewegung der Erde in Betracht gezogen hat. Indem er das tat, war er sich natürlich bewußt, daß diese Annahme der aus unserer unmittelbaren Anschauung entspringenden Überzeugung ins Gesicht schlug, wonach die Erde fest steht. Wie hat er sich also mit diesem schwerwiegenden Einwand abgefunden? Er berief sich auf das Beispiel des Schiffes, das für die an Bord befindlichen Menschen zu ruhen scheint, sofern sie die Ufer nicht sehen können. Auf den ersten Blick möchte man behaupten, daß hierin schon unser ganzes Trägheitsprinzip enthalten sei. Man muß sich jedoch dabei in Acht nehmen: ebensowenig wie SEXTUS EMPIRICUS deutet NIKOLAUS an, daß seine Aussage auf die geradlinige gleichförmige Bewegung beschränkt wäre. Sie sollte im Gegenteil sicherlich seiner Auffassung nach für jede beliebige Bewegung gelten. Man könnte ihren Inhalt etwa folgendermaßen präzisieren: *Es ist unmöglich, aus der unmittelbaren Anschauung oder der direkten Beobachtung mechanischer Vorgänge zu schließen, daß ein Körper in Bewegung ist oder nicht.* Das war also gewissermaßen eine rein negative Aussage, durch die eine Kontrolle der Theorie von der Erdbewegung mit mechanischen Mitteln ausgeschlossen wurde. Dabei ist diese Negation ziemlich erklärlich, wenn man sich den damaligen Zustand der Physik vergegenwärtigt, die ganz unter dem Einfluß der Peripatetik stand. Es ist aber klar, daß eine solche Aussage in der Mechanik nicht viel nutzen konnte und daß es insbesondere unmöglich war, die Zerlegung der Wurfbewegung daraus abzuleiten, die ja den wahren Ausgangspunkt für das Trägheitsprinzip bildete. Daraus erklärt es sich auch, daß

NIKOLAUS die von ihm erfaßte Beharrlichkeit der Bewegung in einer wagerechten Ebene nicht mit seiner Ansicht über die Relativität der Bewegung in Zusammenhang gebracht hat.

Alles deutet darauf hin, daß KOPERNIKUS unter diesen verschiedenen Gesichtspunkten ähnliche Ansichten hegte. Gleich NIKOLAUS benutzt er das Beispiel vom Schiff; er führt dabei einen Vers VERGILS an, ein sehr passendes Zitat, denn der Dichter beschreibt dort die in diesem Falle offenbar täuschende unmittelbare Anschauung: *Provehimur portu, terraeque urbesque recedunt* (*De revolutionibus*, Thorn 1873, S. 22). Das führt ihn zu einer Ablehnung des Zeugnisses unserer Sinne in bezug auf die Realität der Bewegung: *Quamquam in medio mundi terram quiescere inter autores plerumque convenit, ut inopinabile putent, sive etiam ridiculum contrarium sentire. Si tamen attentius rem consideremus, videbitur haec quaestio nondum absoluta et idcirco minime contemnenda. Omnis enim quae videtur secundum locum mutatio, aut est propter spectatae rei motum, aut videntis, aut certe disparem utriusque mutationem. Nam inter mota aequaliter ad eadem, non percipitur motus, inter visum dico et videns* (a. a. O., S. 16).

Man könnte vermuten, daß KOPERNIKUS sich bewußt gewesen sei, es handle sich im vorliegenden Falle um eine besondere Bewegung, nämlich um diejenige, die wir Inertialbewegung nennen; der Ausdruck *mota aequaliter ad eadem* scheint eine derartige Auffassung bis zu einem gewissen Grade zu stützen (die deutsche Übersetzung von MENZER, Thorn 1877, gibt *ad eadem* durch *in gleicher Richtung* wieder, was etwas präziser ist als der lateinische Text und sich unserer heutigen Auffassung noch mehr nähert). Es geht jedoch aus dem Zusammenhang klar hervor, daß KOPERNIKUS weiter nichts sagen wollte als, daß, wenn Beobachter und beobachtetes Objekt nicht die gleiche Bewegung haben, die Bewegung offenbar wird, weil eine relative Bewegung vorhanden ist. Nicht nur machte er unter diesem Gesichtspunkt keinerlei Unterschied zwischen geradliniger und krummliniger Bewegung, sondern die letztere erschien ihm sogar in gewissen Fällen dadurch bevorzugt, daß sie vor allem die Empfindung der Ruhe hervorruft: *Igitur quod aiunt simplicis corporis esse motum simplicem (de circulari in primis verificatur), quamdiu corpus simplex in loco suo naturali ac unitate sua permanserit. In loco siquidem non alius, quam circularis est motus, qui manet in se*

totus quiescenti similis. Rectus autem supervenit iis, quae a loco suo naturali peregrinantur, vel extraduntur, vel quomodolibet extra ipsum sunt. Nihil autem ordinationi totius et formae mundi tantum repugnat, quantum extra locum suum quidquam esse. Rectus ergo motus non accidit, nisi rebus non recte se habentibus, neque perfectis secundum naturam, dum separantur a suo toto et ejus deserunt unitatem (a. a. O., S. 23).

Es erscheint nicht allzu schwer, sich klar zu machen, wie KOPERNIKUS zur Aufstellung dieser Theorien gelangt sein mag. Das Prinzip der Relativität der Bewegung, wie wir es formuliert haben, ist an und für sich ziemlich paradox; nicht nur ist es, wie gesagt, unmöglich, darauf eine Mechanik aufzubauen, sondern es widerspricht auch gewissen Erfahrungstatsachen des täglichen Lebens, z. B. dem Verhalten des Steines in der Schleuder. Freilich deutet nichts darauf hin, daß KOPERNIKUS die Bewegungen der irdischen Körper eingehender untersucht hätte; wir wissen aber, daß er sich unter gewissen Gesichtspunkten um die Frage der Zentrifugalbewegung kümmern mußte, besonders wo es sich darum handelte, das (angebliche) Fehlen dieser Bewegung infolge der Erdrotation zu erklären (vgl. S. 116).

Höchstwahrscheinlich hat er also gefühlt, daß das Prinzip zur Erklärung der Erscheinungen, wie wir sie auf der Erde beobachten, nicht völlig ausreicht. Deswegen hat er sich auf die Unterscheidung zwischen natürlichen und gewaltsamen Bewegungen berufen, die von ARISTOTELES aufgestellt und im Denken der Zeitgenossen des KOPERNIKUS fest verankert war. Bei ARISTOTELES kommt die kreisförmige Bewegung als natürliche allerdings nur den Himmelskörpern zu; da aber bei KOPERNIKUS die Erde selbst ein Himmelskörper gleich den anderen Planeten wird, so liegt es sehr nahe, ihr den gleichen Vorzug einzuräumen und ebenso den irdischen Körpern, die sie in ihrer Bewegung mitnimmt, insofern sie an ihr teilnehmen. — Bei ARISTOTELES ist die natürliche Bewegung der irdischen Körper geradlinig, und zwar nach unten gerichtet bei den schweren und nach oben bei den leichten Körpern. Diese Vorstellung übernimmt KOPERNIKUS, so daß bei ihm die irdischen Körper zweierlei natürliche Bewegungen besitzen, nämlich kreisförmige und geradlinige (nach oben und unten). Da er aber offenbar Bedenken trug, die geradlinige Bewegung (wahrscheinlich vor allem die, welche sich

auf Grund der Schwere vollzieht) an dem Vorrecht teilnehmen zu lassen, das er der natürlichen Kreisbewegung zuerkannte, kam er darauf, einen Unterschied zwischen ihnen zu machen. Die Kreisbewegung wird gewissermaßen die natürliche oder einfache Bewegung *par excellence*; denn bei ihr „bleibt der Körper an seinem natürlichen Ort und in seiner Einheit“, und die Bewegung „bleibt gänzlich in sich selbst“. Demgegenüber hat die Bewegung nach oben und nach unten geringeren Rang in dem Sinne, daß bei ihr der Körper „seinen natürlichen Ort verlassen hat oder aus ihm vertrieben worden ist“. Übrigens wußte KOPERNIKUS, daß die Fallbewegung der Körper keine gleichförmige ist; aber diese Besonderheit, die für uns ein wesentlicher Charakterzug dieser Bewegung ist, erscheint ihm nebensächlich, er erwähnt sie nur in der Fortsetzung der soeben angeführten Stelle, während die Unterscheidung zwischen Bewegungen, die sich an ihrem natürlichen Ort abspielen, und denen, die an anderen Orten stattfinden, für ihn viel größere Bedeutung hat.

Offenbar zielt dieses ganze System ausschließlich auf die Astronomie ab; in der Tat ist es KOPERNIKUS, wie schon gesagt, auch nur um diese zu tun; die irdischen Vorgänge behandelt er nur so weit, als das nötig ist, um nach Möglichkeit die Einwände zu entkräften, die gegen seine Theorie auf Grund dieser Vorgänge erhoben werden können. Übrigens bleibt auch unter diesem Gesichtspunkt sein System noch sehr unvollkommen; das erkennt man an den Einwänden, die von seinen Gegnern erhoben werden und die sich immer wieder auf solche Beweisgründe stützen, die der Bewegung irdischer Körper entnommen sind; z. B. der von dem Stein, der von einem Turm herabfällt. Anscheinend ist besonders TYCHO BRAHE hauptsächlich durch Beweisgründe dieser Art daran gehindert worden, der Kopernikanischen Theorie beizupflichten, obgleich er ihre Bequemlichkeit in rechnerischer Hinsicht anerkannte und ihrem Schöpfer hohes Lob spendete (ROSENBERGER, *Geschichte*, Bd. I, S. 135.)

Sehr interessant sind auch die Gedanken, die KEPLER über diesen Gegenstand entwickelt. Er hegte für den Schöpfer der heliozentrischen Theorie eine lebhafte Bewunderung und berief sich bei jeder Gelegenheit auf ihn; das hat ihn aber nicht gehindert, einen der wesentlichen Züge von dessen Lehre umzustößen, indem er Ellipsen an die Stelle der Kreise setzte. Er hat aber auch ihre mechanische Grundlage modifiziert.

Möglicherweise übrigens hängen diese beiden Modifikationen eng miteinander zusammen. Die Ansicht von der Natürlichkeit der Kreisbewegung war nämlich aus Vorstellungen über den ganz besonderen Charakter der Kreisfigur erwachsen, die als *einfach* und *vollkommen* angesehen wurde. Nun konnte man aber schwerlich der Ellipse dieselben Vorzüge zuschreiben, man konnte daher auch nicht mehr behaupten, daß die Körper sich in ihr *natürlicherweise* bewegten.

Bei KEPLER strebt jeder Körper, an dem Ort zu bleiben, wo er sich gerade befindet; dieses Streben ist unabhängig von der Bewegung, die er hat. Er wendet an sehr zahlreichen Stellen diese Theorie auf die Himmelskörper an. Zitieren wir einige besonders beweiskräftige: *Tertius interveniens* (*Opera omnia*, herausgegeben von Frisch, Frankfurt 1870, Bd. I, S. 590): „Für mein Person sage ich, daß die Sternkugeln diese Art haben, daß sie an einem jeden Ort des Himmels, da sie jedesmal angetroffen werden, stillstehen würden, wann sie nicht getrieben werden sollten. Sie werden aber getrieben *per speciem immateriatam Solis, in gyrum rapidissime circumactam*. Item werden sie getrieben von jhrer selbst eyggen Magnetischen Krafft, durch welche sie einhalb der Sonnen zuschiffen, anderteils von der Sonnen hinweg ziehlen.“ — *Epitome Astronomiae*, a. a. O., Bd. VI, S. 341: (*Globus aliquid coelestis*) *habet tamen ratione suae materiae naturalem ἀνταγωνιστὴν transeundi de loco in locum, habet naturalem inertiam seu quietem, qua quiescit in omni loco, ubi solitarius collocatur.*“ — A. a. O., S. 345: „*Dictum est hactenus, praeter hanc vim Solis vectoriam esse etiam naturalem inertiam in planetis ipsis ad motum, qua fit, ut inclinati sint, materiae ratione ad manendum loco suo. Pugnant igitur inter se Potentia Solis vectoria et impotentia planetae seu inertia materialis.*“

Könnte also die *inertia* überwiegen, so würde sie der Bewegung eines Körpers ein Ende machen und ihn zur Ruhe bringen; sie ist *repugnans motui* und stellt nach KEPLERS eigener präziser Definition eine *causa privativa motus* dar (a. a. O., S. 174).

Es ist in den soeben angeführten Stellen besonders zu beachten, daß KEPLER diese Eigenschaft nicht auf die Himmelskörper beschränkt; diesen kommt sie im Gegenteil nur zu, weil sie aus *Materie* bestehen, *materiae ratione*; m. a. W., es ist eine allgemeine Eigenschaft aller Materie als solcher. Das hat KEPLER übrigens an anderen

Stellen deutlich ausgesprochen: Bd. VII, S. 746: „Es hat aber aller körperliche zeug oder *materia* aller ding in der gantzen Welt dise art, oder vilmehr dise tode vnart, daß er plump ist vnd vngeschickt, von sich selber auss einem Ort in den andern zu wandern vnd müssen derhalben von einem Leben, oder sonsten von außen hero gezogen vnd getrieben werden.“ — „Auf diese Weise sage auch ich, nit nur von den mittelen, sondern von eim jedem Ort, wann etwas drein gesetzt werde, das da ein toder Körper ist, wann es nit von dannen durch etwas anderes außerhalb seiner gezogen werde, so könnt es auch von sich selbst nit von dannen kommen, darum dieweil es tod ist oder træg vnd vnartig.“

Unter diesen Umständen bedürfen offenbar die andauernden Bewegungen der Himmelskörper andauernder Ursachen um die *inertia* zu überwinden, die ständig bestrebt ist, sie zu beenden. Für den Umlauf nimmt KEPLER als diese Ursache ein magnetisches Fluidum an, das von der Sonne ausstrahlt, wie das die zuerst angeführte Stelle zeigt (vgl. auch u. a. a. O., Bd. VI, S. 311, 342, 343). Für die Erdumdrehung nimmt er mehrere Ursachen an (a. a. O., S. 175 bis 177), deren hauptsächlichste anscheinend in einer besonderen Eigenschaft der kreisförmigen Fasern bestehen soll, die rings um die Erdachse angeordnet sind. Aber er beruft sich auch auf das Beispiel des Kreisels, und die Ausdrücke, die er bei dieser Gelegenheit benutzt, kommen denen sehr nahe, die wir in derartigen Fällen gebrauchen (z. B. *quantum vero materialem inertiam attinet, subiecti loco sit ad concipiendum impetum continuandamque rotationem*). Man muß jedoch daran erinnern, daß diese besondere Behandlung der rotierenden Körper den Physikern schon seit dem Altertum geläufig war (vgl. oben S. 112). CUSANUS ist in dieser Hinsicht sogar weiter gegangen als KEPLER, denn er faßte die Beharrlichkeit dieser Rotationsbewegung als Wirkung rein mechanischer Ursachen auf (S. 114 f.), während KEPLER es so darstellt, als ob die Bewegung mit der Zeit von selbst nachlassen müsse (*temporis diuturnitate debilitata paulatim emoriatur*). Daher kann diese *species motus* in der Erde nicht ganz dieselbe wie im Kiesel sein; *non jam hospes amplius in Terra ut illa in turbine sed inquilina plane seu materiae suae victrix et domitrix existens*.

Indessen ist zu bemerken, daß KEPLER aus diesen Überlegungen einen wichtigen Schluß zieht, der nach unserer heutigen Auffassung

gleichfalls mit dem Trägheitsbegriff zusammenhängt. Wie wir sahen, glaubte KOPERNIKUS eine besondere Bewegung der Erdachse annehmen zu müssen, durch die ihre Richtung im Raume aufrecht erhalten werde. KEPLER dagegen hält diese Annahme für überflüssig. Diese Verbesserung der Theorie schreibt man in der Regel GASSENDI zu (vgl. z. B. *De revolutionibus*, Thorn 1873, Anm. S. 10); sie wird aber schon in KEPLERS Jugendwerk, dem *Mysterium cosmographicum* deutlich angegeben (Ausg. FRISCH, Bd. I, S. 121): *Secundum motum in meram axis quietem redeimus, tertius jam ad secundum est reducendus et cum eo in unum conflandus*. Die Ursache dieser parallelen Stellung der Erdachse sucht KEPLER in einer „natürlichen und magnetischen Neigung ihrer Fasern zu Ruhe“, und diese Neigung faßt er als *forma*, ähnlich wie bei der oben erwähnten Eigenschaft der kreisförmigen Fasern, durch die sie die Rotation verursachen (man erkennt das in der *Epitome*, S. 176). Indessen fügt er sofort hinzu: „*vel etiam propter continuitatem diurnae convolutionis circa hanc axem quae illum tenet erectum, ut fit in turbine incitato et discursitante*.“ In der *Epitome astronomiae* gebraucht er sogar in bezug auf die Aufrechterhaltung der Richtung der Erdachse den Ausdruck *inertia*; es handelt sich um dieselbe Stelle, die wir schon oben angeführt haben und wo die *inertia* als *causa privativa motus* definiert wird.

In bezug auf die Körper auf der Erde gebraucht KEPLER, wie sein berühmter Vorgänger, um das direkte Zeugnis der Sinne zu entkräften, die implizite Aussage, die wir als „Prinzip der Relativität der Bewegung“ bezeichnet haben: *Motus enim non est proprium visus objectum, nec habet peculiarem sensum quo percipiat, sed sensu communi dejudiciatur* (Bd. VI, S. 181). Auch er führt die Bewegung des Schiffes an und zitiert dabei denselben Vers des VERGIL. Aber gerade wie KOPERNIKUS fühlt er offenbar auch, daß das nicht genügt; und da er nicht mehr die „natürliche Bewegung“ zu Hilfe nehmen kann, denkt er sich eine eigene Theorie aus. Wenn die irdischen Körper von der Bewegung der Erde mitgenommen werden, so liegt das an der Wirkung, die diese auf sie ausübt. Diese Wirkung besteht nicht, oder wenigstens nicht ausschließlich in einer einfachen Anziehung: die Erde nimmt den Körper auch in ihrer Kreisbewegung mit, und KEPLER scheint zu glauben, daß diese Mitnahme sich aus der Anziehung allein erklären ließe: *Cum autem*

gravia petant Terrae corpus per se petanturque ab illo, fortius itaque movebuntur versus partes viciniores Terrae quam versus remotiores. Quare transeuntibus illis partibus vicinis perpendiculariter subjectis, gravia inter decidendum versus superficiem transeuntem illam insuper etiam circulariter sequuntur, perinde ac si essent alligata loco, cui imminet, per ipsam perpendicularem, adeoque per infinitas circum lineas, seu nervos quosdam obliquos minus illa fortes, qui omnes in sese paulatim contrahi soleant. Es ist offenbar ziemlich schwierig, sich den Mechanismus dieser Wirkung vorzustellen und zu verstehen, wie diese „schiefen Nerven“ auf einen in die Luft geworfenen Körper einen horizontalen Druck derart ausüben sollen, daß er dadurch gezwungen wird, der Bewegung der Erde zu folgen, während er vermöge der *inertia* zum mindesten hinter dieser Bewegung hätte zurückbleiben müssen. Auf den ersten Blick überrascht es sogar, daß KEPLER sich mit einer solchen Ansicht zufrieden geben konnte. Man darf aber nicht vergessen, daß diese Ansicht seiner Theorie vom Umlauf des Sonnensystems entspricht; genau wie die Sonne vermöge ihrer Umdrehung die Planeten in Bewegung setzt, so läßt auch die Erde die ihr benachbarten Körper sich um sie herumdrehen. Will man sich einen Begriff davon machen, wie sehr KEPLERS Theorie von der heute geltenden abweicht, und zwar nicht nur hinsichtlich der in beiden angenommenen Ursachen, sondern auch in bezug auf die zu erklärenden Erscheinungen, so braucht man nur das von KEPLER selbst angeführte Beispiel zu betrachten: nämlich den Stein, der aus den Tiefen des Weltraums auf die Erde käme (wie in vielen anderen Fällen, so berücksichtigt KEPLER auch hier nur die Umdrehung der Erde und vernachlässigt ihren Umlauf um die Sonne). Von unserem heutigen Standpunkt aus erscheint die von ihm angenommene Bewegung sehr sonderbar: der Stein fliegt zuerst in gerader Linie auf den Mittelpunkt der Erde zu, wird aber, je näher er kommt, um so mehr in der Richtung der Rotation abgelenkt, bis er dann ganz mitgenommen wird und endlich senkrecht auf einen Punkt der Erdoberfläche niederfällt (vgl. die Figur a. a. O., S. 182).

Angesichts solcher Vorstellungen sagt man sich unwillkürlich, daß es höchste Zeit war, daß GALILEI und DESCARTES die Kopernikaner aus ihrer Verlegenheit befreien. Man fühlt seine Bewunderung für die Schöpfer der heliozentrischen Theorie wachsen, die durch

solche Nebel hindurch die Wahrheit erkannten, ebenso auch für ihre Anhänger, auf welche die wesentlich astronomischen Gründe, d. h. Gründe, die im ganzen genommen auf Einfachheitsbetrachtungen beruhten, so starken Eindruck machten, daß ernste physikalische Schwierigkeiten darüber vernachlässigt wurden (eine ausgezeichnete Zusammenfassung dieser Beweisgründe findet sich bei LECHALAS, *Études sur l'espace et le temps*, 2. Aufl., Paris 1910, S. 134f.). Man wird aber auch die Haltung derjenigen etwas nachsichtiger beurteilen, die nicht den Mut aufbrachten, diese Neuerungen anzunehmen.

Wir müssen im übrigen feststellen, daß KEPLER anscheinend in keiner Weise von GALILEI beeinflusst worden ist, was um so merkwürdiger ist, wenn man sich die betreffenden Jahreszahlen vergegenwärtigt.

Die *Epitome astronomiae copernicanae*, aus denen unsere Zitate stammen, erschien 1618 und 1621. GALILEI scheint die Zerlegung der horizontalen Wurfbewegung 1610 gefunden zu haben: die betreffende Theorie wird wenigstens teilweise in der Abhandlung dargestellt, die den Titel *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari* trägt und 1613 gedruckt wurde; und anscheinend haben um dieselbe Zeit oder wenig später weitere Mitteilungen unter den Forschern zirkuliert (vgl. WOHLWILL, a. a. O., Bd. XV, S. 267). Nun steht aber fest, daß KEPLER die Arbeiten und Entdeckungen GALILEIS mit lebhaftem Interesse verfolgte. 1597 war er mit ihm in Briefwechsel getreten (Frisch, Bd. I, S. 40-41), fünf Briefe KEPLERS, aus den Jahren 1610 und 1611, sowie die Antworten GALILEIS, sind uns erhalten geblieben (a. a. O., Bd. II, S. 454 ff.). Sollte also KEPLER wirklich nicht gewußt haben, daß GALILEI in der eben erwähnten Abhandlung klar auseinandergesetzt hatte, daß ein Körper seine Bewegung in beliebiger Richtung auf einer zur Erde konzentrischen Kugelfläche unbegrenzt fortsetzt (GALILEI, *Opere*, Florenz 1842, Bd. III, S. 418)?

Offenbar hätte KEPLER diese Ansichten nur anzunehmen brauchen, um die sonderbaren Theorien, die er in der *Epitome* darstellt, entbehren zu können. Soll man also annehmen, daß diese Theorien in solchem Maße von seinem Geiste Besitz ergriffen hatten, daß er für Erwägungen, die uns heute so einleuchtend vorkommen, unzugänglich geworden war? Soviel ist sicher: auch die Schriften

KEPLERS, die nach der *Epitome* entstanden sind, bieten keinen Anhaltspunkt für die Vermutung, daß er seine Ansicht über die Bewegungserscheinungen zu irgendeiner Zeit geändert hätte. Freilich war der letzte Teil seines Lebens durch widrige äußere Umstände besonders getrübt; er starb 1630, also vor dem Erscheinen von GALILEIS *Discorsi*.

AUGUSTE COMTE pflegte das Trägheitsprinzip als das „Keplersche Gesetz“ zu bezeichnen (vgl. z. B. *Cours*, Bd. VI, S. 682), und diese Bezugnahme ist noch nicht gänzlich aus der Geschichte der Physik verschwunden. Anscheinend beruht der Irrtum zu einem großen Teil auf dem Umstand, daß die von KEPLER benutzten Ausdrücke (*inertia*, *Trägheit*) sich in der Physik erhalten haben, wahrscheinlich dank NEWTONS Terminologie. Aber diese *inertia* bedeutet die Eigenschaft der Materie, an dem Ort zu bleiben, wo sie sich gerade befindet, sie ist also eine Tendenz zur Ruhe, die zu ihrer Überwindung einer immer erneuerten Kraft bedarf, und weicht insofern sehr weit von unseren heutigen Vorstellungen ab.

Die Verwechslung ist zweifellos durch den Umstand begünstigt worden, daß LEIBNIZ mehrfach erklärt hat, der Begriff der Trägheit gehe auf KEPLER zurück und DESCARTES habe ihn von diesem übernommen. Da LEIBNIZ sicherlich eine sehr klare Vorstellung von dem hatte, was wir heute als das Trägheitsprinzip bezeichnen, so hat man daraus folgerichtig schließen zu können geglaubt, er hätte dieses Prinzip in KEPLERS Schriften wiedergefunden. In Wahrheit meinte er aber ganz etwas anderes. Das ergibt sich aus derjenigen Stelle, an der die fragliche Bezugnahme am deutlichsten ausgesprochen wird: *Duae insunt Resistentiae sive Massae: primum Antitypia ut vocant seu impenetrabilitas, deinde resistentia seu quod Keplerus vocat corporum inertiam naturalem quam et Cartesius in Epistolis alicubi ex eo agnovit, ut scilicet novum motum non nisi per vim recipiant corpora adeoque imprimenti resistant et vim ejus infringant. Quod non fieret, si in corpore praeter extensionem non inesset τὸ δύναμιον seu principium legum motus quo fit ut virium quantitas augeri non possit neque adeo corpus ab alio nisi refracta ejus vi queat impelli* (*Supplément à la lettre à Fabri, Mathematische Schriften*, Gerhardt, Bd. VI, S. 100).

Was also LEIBNIZ KEPLER zuschreibt, das ist der Begriff der Trägheit, insofern er mit Masse gleichbedeutend ist. Diese Behauptung

ist sicher zum großen Teil berechtigt. KEPLER hat oft auseinander-gesetzt, daß infolge ihrer *inertia* die Materie der Kraft (*virtus*) widersteht, die versucht, sie von der Stelle zu bewegen, und daß die daraus resultierende Bewegung sich nach dem Verhältnis zwischen der Trägheit und der bewegenden Kraft richten müsse. Damit wurde also, wie wir heute sagen würden, der Materie ein numerischer Koeffizient beigelegt, was ja tatsächlich den wesentlichen Teil unseres Massenbegriffs ausmacht. KEPLER wußte auch, daß der dadurch geschaffene Begriff dem des Gewichts verwandt war, ohne doch mit ihm zusammen zu fallen: *quae sit ei velut pondus*, sagt er, wo er von der Notwendigkeit spricht, einem Himmelskörper *inertia* beizulegen (a. a. O., Bd. VI, S. 342). Anscheinend hat er diese Betrachtungsweise von den Theoretikern übernommen, die gegen Ende des Mittelalters die Theorie vom *impetus* entwickelt hatten (vgl. oben S. 113). — Noch heute gebrauchen wir den Ausdruck „Trägheit“ zuweilen im Sinne von LEIBNIZ. Wenn z. B. davon die Rede ist, daß die Trägheit der Körper aus den elektrischen Theorien erklärt werden soll, so denkt man dabei vor allem an ihre Masse. Sicher aber lassen sich die beiden Vorstellungen trennen. Wenn wir das *Trägheitsprinzip* aussprechen, so kümmern wir uns nicht darum, wie der Körper sich in Bewegung gesetzt hat, noch um den Zahlenkoeffizienten, der dabei zur Geltung gekommen ist, sondern wir setzen voraus, daß der Körper schon einen gewissen Bewegungszustand besitzt, und behaupten die Erhaltung dieses Zustandes. Aber die beiden Ideen hängen doch sehr eng miteinander zusammen, und deshalb kann man den Begriff der Masse nicht gänzlich KEPLER zuschreiben. Es mag sein, daß DESCARTES von ihm angeregt worden ist, aber er hat den Begriff deutlicher erfaßt, weil er ihn mit dem Trägheitsprinzip verknüpft hat.

III.

HERAKLITS πάντα ῥεῖ

Schon im griechischen Altertum wurde HERAKLIT als *der Dunkle* bezeichnet. Kein Wunder also, daß sich die heutigen Gelehrten über den wahren Sinn seiner Lehre streiten. Es scheint uns aber, daß letzten Endes SCHUSTER (*Heraklit von Ephesus*, Acta Soc. philologae Lipsiensis, Bd. III, Leipzig 1873, S. 8) mit seiner Ansicht Recht hat, daß die Tragweite der Stellen über das πάντα ῥεῖ überschätzt worden ist. Anscheinend war es FERDINAND LASSALLE, der zuerst die Auffassung vertreten hat, HERAKLIT habe lediglich von einer *Ordnung* der Dinge angenommen, daß sie beharre, und das Sinnbild dieser Ordnung sei ihm das Feuer gewesen. ZELLER scheint diese Ansicht zu verwerfen (*Philosophie der Griechen*, I⁴, S. 591); dennoch nähert er sich ihr an zahlreichen Stellen dermaßen (vgl. z. B. a. a. O., S. 545, 610, 620, 667-668), daß man eigentlich keinen rechten Unterschied mehr feststellen kann. Daher ist diese Auffassung von HERAKLITS Lehre auch sozusagen landläufig geworden. Aus den zahlreichen Stellen, an denen ARISTOTELES HERAKLIT unter diejenigen zählt, welche die ganze Wirklichkeit aus einer einzigen offenbar als materiell aufgefaßten Substanz ableiten (vgl. z. B. *De coelo*, III, 1, *Metaphysik*, I, 3, 5, 7 — zitiert nach der französischen Übersetzung von BARTHÉLEMY ST. HILAIRE; vgl. auch hierzu TANNERY, *Pour l'histoire de la science hellène*, S. 193 f., Fragm. 26, 28, 31, 46, 49; entsprechend SCHUSTER, 12, 47, 44, 59, 57, sowie DIELS, *Die Fragmente der Vorsokratiker*, Berlin 1903, S. 66 f. Fragm. 7, 31, —, 88, 90) scheint uns hingegen mit Evidenz hervorzugehen, daß HERAKLIT zum mindesten die Beharrung von etwas angenommen haben muß, von einem Substrat, wie er es auch der Sonne zuschreibt, die sich bei ihm jeden Tag erneuert (ZELLER, a. a. O., S. 622, Anm. 2). So ist die Lehre anscheinend auch im Altertum verstanden worden, das bezeugt LUKREZ, der sie, obwohl er sie *verrückt* (*perdelirium*) nennt, wiedergibt und ziemlich ausführlich diskutiert (Buch I, Vers 646 bis 693). Es ist nicht daran zu zweifeln, daß LUKREZ HERAKLITS

Feuer als materiell ansah. — Die von uns im Text angeführten Stellen wie die aus PLATONS *Kratylos* (*Dialogi*, herausgegeben von Wohlrab, Leipzig 1887, Bd. I, S. 204) brauchen mit dieser Ansicht nicht unbedingt in Widerspruch zu stehen. Man muß sie als die Behauptung auffassen, daß nichts so, wie es ist, bestehen bleibt, d. h. daß das Feuer als Substrat und ewige Substanz das Prinzip seiner eigenen Veränderung in sich trägt. Es wäre demnach etwas Ähnliches wie OSTWALDS Energie, „die allgemeinste Substanz und das allgemeinste Akzidenz“ (vgl. oben S. 367). — Zu bemerken ist, daß ARISTOTELES von HERAKLIT behauptet, „er setze von allen Gegenständen der Sinne voraus, daß sie sich in dauerndem Fluß befänden und daß es über so beschaffene Dinge keine Wissenschaft geben könne“ (*Met.* II, 6). Möglicherweise ist hier das Wort *Wissenschaft* in seinem engeren Sinne als *Wissenschaft von der Ursache, vom Beständigen* gemeint. Indessen scheint die Tatsache, daß unmittelbar nach HERAKLIT dessen Lehre in eine Art absoluten Skeptizismus ausgeartet ist (tadelt doch KRATYLOS seinen Lehrer, weil er gesagt habe, daß man nicht zweimal in denselben Fluß steige; er meint, daß man auch nicht *einmal* hineinsteige), dafür zu sprechen, daß HERAKLIT die universelle Ordnung viel weniger betont hat, als gemeinhin angenommen wird, trotz des oft zitierten Wortes von der Welt, „die von keinem der Götter noch von einem der Menschen gemacht ist, sie war immer und wird immer sein ein ewig lebendiges Feuer, das sich jeweils entzündet und wieder verlöscht“ (TANNERY, Fragm. 27, SCHUSTER, Fragm. 46, DIELS, Fragm. 30). — Übrigens kann man mit der Lehre des KRATYLOS gewisse Aussprüche HERAKLITS selbst vergleichen, wie z. B. den von ARISTOTELES berichteten (*Met.* IV, 3): „Ein Ding kann zugleich sein und auch nicht sein.“

Über die Lehre von der ewigen Wiederkunft bei HERAKLIT vgl. TANNERY, Fragm. 44, 46, 49, 59, 86-87, entsprechend SCHUSTER, Fragm. 49, 59, 57, 89, 67 und DIELS, Fragm. 52, 88, 90, 46, 67. Besonders bemerkenswert ist das Fragment TANNERY 91 (SCHUSTER 88, DIELS 59-60): „Der gerade Weg und der Weg in die Runde ist ein und derselbe, der Weg nach oben und der Weg nach unten ist ein und derselbe“, was zu beweisen scheint, daß HERAKLIT kein sehr deutliches Gefühl von der Irreversibilität des einzelnen Vorganges gehabt hat.

Über das „große Jahr“ HERAKLITS vgl. SCHUSTER, a. a. O., S. 375, sowie ZELLER, a. a. O., S. 640.

Namen- und Sachverzeichnis.

- ABOUT (E.). *L'Homme à l'oreille cassée* 29.
- ABRAHAM 439.
- ABRIA. Wärme und Licht 305.
- AEPINUS. Gegen die Fernwirkung 74.
- Akademie der Wissenschaften (Paris) — siehe *perpetuum mobile*.
- ALBERTUS DE SAXONIA. Verhältnis zur Atomistik 85. Weiterentwicklung der Ideen HIPPARCHS 114, 116. Ptolemäisches System 114. *Impetus* 114, 117, 164.
- ALBERTUS MAGNUS. Argumente des PTOLEMÄUS 114. Mischung der Elemente 342.
- AL BITRAGI (ALPETRAGIUS). Anführung HIPPARCHS 114.
- ALEMBERT (D'). Zeitmessung 23, 24, 300 f. Gegen den Kraftbegriff 73-74. Trägheitsprinzip: Formulierung 120, 126, 133, 146; Beweis 120, 122, 125, 144, 152. Aristotelische Formel 122. — und LOTZE 122. — und MAXWELL 127. Widersprüche 134. Das deterministische Weltall 332. Soziales Element im gemeinen Menschenverstand 383.
- AMBROSIOUS (ST.). — und LUKREZ 84.
- AMES. Mechanisches Wärmeäquivalent 200.
- AMPÈRE (A. M.). Wärme und Licht 305. „Konkretion“ 373. Kinematik 427.
- ANAXAGORAS. Formulierung der Kausalität 18. Atomistik 82. Die Veränderung 93. Unendlichkeit von Elementen 253. Gleichförmigkeit 278. Übereinstimmung zwischen Verstand und Natur 448.
- ANDRADE. — und NEWTON 133. Definition der Masse 188.
- ANSELMUS (ST.). *Causa sui* 265.
- APFUHN. — und HALLER 432.
- ARIES. Methode der Thermodynamik 272.
- ARISTARCH VON SAMOS. — und KOPERNIKUS 113.
- ARISTOTELES. Kausalität 17. Kausalität und Zeit 29. Leidenschaft zu Erkennen 33. Mathematik 34. „Streben“ der Elemente 72. Begreifliche Veränderung 93. Atomistik 97, 241, 255-258, 474. Widerlegung DEMOKRITS 108. Bewegung der Atome 108. Kreisbewegung 109, 112, 115, 116, 141. Gegen die Erhaltung der geradlinigen Bewegung 111, 184. Zusammensetzung einer krummlinigen Bewegung 117. Gegen die Möglichkeit der Trägheit 122, 148, 150. TANNERYS und DUHEMS Ansichten 124, 446. Bewegung und Veränderung 141. Masse 159. Das Gewicht, eine akzidentielle Eigenschaft 168, absolute Leichtigkeit 177. Betrachtungen über den Hebel 193. Einheit der Materie 241. Elemente 242. Ursache 255. Raum 264. Irreversibilität 277. Substanz und

- Akzidenz 339. Qualitäts Elemente 341, 347, 358, 362, 366, 399. — Fortsetzer 341. Potentielle Qualität 379. Übereinstimmung zwischen Verstand und Natur 448. (Vgl. auch Anhang III).
- ARRHENIUS (SVANTE). Ionentheorie 53, 88, 352, 354, 417. Erhaltung der Energie 221. Gegen das Carnotsche Prinzip 280. Analogie mit RANKINE 280. Die zyklische Wiederkunft 284.
- Äther. Schwierigkeiten 57 f., 438. Bewegung der Erde 138. — und Masse 188. Zurückführung der Materie auf den — 259. Seine Natur 259-262. 452. RANKINES Theorie 281 f.
- Atomistik. DALTON und AVOGADRO 53. ARRHENIUS 53. RUTHERFORD, BOHR und SOMMERFELD 54. KELVIN und HERTZ 59. Korpuskulare Vorstellung 59 f., dynamische Vorstellung 67. Vermittelnde Lösungen 71. Schwierigkeiten 82, 98. Geschichte 82-85. Gemeinsame Eigentümlichkeiten der verschiedenen Theorien 86, 98, 264. Perennität 88. Heutiger Sieg 89, 417. Ableitung aus der Kausalität 93-95, 218. Darstellung des ARISTOTELES 96. Erklärende Kraft 98. Elektronentheorie 100. Die Materie eine elektrische Erscheinung 102-104. Antike Atomistik und Trägheitsprinzip 108. SPIR 154. — und Erhaltung der Materie 164-167, 176. Verwechslung von Masse und Gewicht 187-188. Einheit der Materie 241-242, 252-254, 465. — und Empfindung 301, 320, 337-338. BERIGARDS Qualitätsatome 344-345. OSTWALDS Angriffe 54, 90, 355. Überlegenheit der Atomistik über OSTWALDS Theorie 368-371. — und Gegenstände des gemeinen Menschenverstandes 398. — und COMTE 414. Historische Bedeutung und Permanenz 407-412. Vorbehalte der Naturforscher 432. Tendenz zur universellen Atomistik 440. Grundlegender Einwand 444-445. — und Mathematik 474.
- AURELIANUS (CAELIUS). Atomistik in der Medizin 84. Einfluß 88.
- AUTRICURIA (NIKOLAUS DE). Atomistik 85.
- AVERROES. Mischung der Elemente 342.
- AVICENNA. Mischung der Elemente 342.
- AVOGADRO. Atomtheorie 53. Gesetz der Äquivalente 247.
- BACON. Atomistik 85. Materie und Gewicht 163. Das Streben nach dem Konstanten 301. Rolle der Hypothesen 415-416. — und wissenschaftliche Entdeckungen 415-416, 434. — und DUHEM 417. Sein Verdienst 431. Die „Phantome“ 441.
- BAIN. Primat des Tastsinns 317.
- BALFOUR (A.). Die „unwiderstehliche“ Tendenz zur Einheit der Materie 254.
- BASSET (A. B.). NEWTONS Einfluß 133.
- BASSO (SEB.). Atomistik 85.
- BATAULT (G.) 284.
- BAYLE 99.
- BECHER. Phlogiston 170. Transmutation 243. Die Elemente 244.
- BENEDETTI. Zusammensetzung der Bewegungen 118, 125, 126. Vorläufer GALILEIS 118, 147. Die abnehmende Bewegung 148.
- BENTLEY, s. Anhang I.

- BERGSON (HENRI). Die Bewegung 132. — und NEWTON 133. Materie und Äther 261. „Eintauchen der Sonde in die reine Dauer“ 301. Materialismus und Relativität der Empfindung 303. Elektrische Erregung 308. Atome, Sehen und Berühren 321. Gedächtnis 372. Die „unmittelbaren Gegebenheiten“ 373, 387, 402, 407, 469. Zerstückelung des Wirklichen 375. Das Licht als Empfindung 381. Das Konstante und das Variable 457. Einwände 472.
- BÉRIGARD. Die qualitative Atomistik 344. Analogie mit NEWTONs Korpuskeln 351.
- BERKELEY. Die naturwissenschaftliche Erklärung 1, 2, 41, 413, 427. Analogie zwischen mathematischen und physikalischen Begriffen 46. Der physikalische Raum 132. Materie und Bewegung 143. Schwere des Feuers 171. Das Sehen 252. — und RUSSELL 262. Primat des Tastsinns 317. Einwände 317 f., 323.
- BERNARD (CLAUDE). Die Mechanistik 52.
- BERNAYS. Über LUKIAN 159.
- BERNOULLI (DANIEL). Kinetische Gastheorie 60.
- BERNOULLI (JOHANN). Angleichung der Gesetzmäßigkeit an die Kausalität 2. Auffassung der Kausalität 18. Erhaltung der lebendigen Kraft 194-195. — und COLDING 207.
- BERTHELOT (MARCELIN). Die „Revolution der Chemie“ 157, 173, 348. SCHEELÉ 173. Durchlässigkeit der festen Körper 201. Die Alchimisten 241, 346. Chemiker und Einheit der Materie 249. LAVOISIER und der Sauerstoff als Qualitätsträger 351. Echte chemische Verbindung 352-353, 358.
- BERTHELOT (RENÉ). Alter des Trägheitsprinzips 108. Epigenetische Vorstellung von der Entwicklung 330.
- BERTHOLLET. Phlogiston 170. Theorie der chemischen Reaktion 232. Geringer Einfluß 418, 464. Notwendigkeit der Hypothese 416.
- BERZELIUS. Konstitutionsformeln 246. — und COMTE 414.
- Beweglichkeit (freie). Gegensatz von Zeit und Raum in dieser Hinsicht 28.
- BINET. JOH. MÜLLERS Theorie 304.
- BIOT. RUMFORDS Versuch 198.
- BLACK. Erhaltung der Wärme 150, 216, 431. Verbrennung 175. Wärmestoff 196, 216, 356, 359. Theorie der Alkalien 349.
- BOERHAAVE. Organe des menschlichen Körpers 421.
- BOHN. — und FRESNEL 198.
- BOHR (NIELS). Wirkungsquantum und Naturbeschreibung 8. Atomtheorie 54, 102.
- BOIS-REYMOND (E. DU). Die mechanistische Erklärung 92, 95. Der Äther 262.
- BOLTZMANN. Elastizität 64. Seine Hypothese 281, 286-287, 435. — und RANKINE-SPENCER 287. Mechanische Theorie der Irreversibilität 288, 291. Mechanische Wärmetheorie 420. Mechanische Erklärungen 433. Die veränderlichen Atome 439. — und GIBBS 447.
- BOOTH (E.). PROUTS Theorie 248.
- BORELLI. Die Himmelskörper und die Trägheit 142, 146.

- BOSCOVICH. DUHEMS Ansicht 48. Dynamische Theorie 67 f., 78, 98. Vorläufer FARADAYS 74. Philosophisches Verfahren 411.
- BOSE (JAGADIS CHUNDER) 52.
- BOUSSAS (H.). Schwierigkeiten beim Äther 56. LAVOISIER 247.
- BOUCHER (MAURICE) 80.
- BOUSSINESQ. Verknüpfung zwischen Gewicht und Masse 189.
- BOUTROUX (EMILE). „Gußform“ der Gesetze 153. Spezifische Sinnesenergie 307-308. Die Grenze der Kausalität 325.
- BOYLE (ROB.). Korpuskulartheorie 59, 98. Erhaltung des Gewichts 170-171. Einheit der Materie 242. Einfluß 243. — und SPINOZA 266. Transmutation 347. Denkweise 411. — und BACON 415. Gestalt der Korpuskeln 421. (Vgl. Anhang I).
- BRADLEY. Aberration 56.
- BRILLOUIN (MARCEL). GALILEIS Versuche 169.
- BROGLIE (DE) 102.
- Brownsche Bewegung 289 f.
- BRUNO (GIORDANO). Atomistik 85.
- BÜCHNER. Unterscheidung zwischen den atomistischen Systemen 82.
- BUFFON. Primat des Tastsinns 317.
- BUNSEN. Durchlässigkeit der festen Körper 201.
- BYRON (Lord). Das Ich und das Wirkliche 449.
- CADET. — und LAVOISIER 176.
- CAMPANUS DE NAVARRO. — und PROLEMÄUS 114.
- CARDANUS. Der *impetus* 117, 150. Unmöglichkeit des *perpetuum mobile* 209, 214. Das Streben nach der Ruhe 277.
- CARNOT (LAZARE). Die latente lebendige Kraft 197, 198.
- CARNOT (SADI). Erhaltung der Energie 198-199, 210-211. Wärmeäquivalent 200, 207. Unmöglichkeit des *perpetuum mobile* 210-212. — und CLAUSIUS 268, 269, 272, 275-276. — und REY, MAYER 278. — und HELMHOLTZ 278. — und CLAPEYRON 267, 278. — und der Wärmestoff 363. (Vgl. auch Carnotsches Prinzip).
- Carnotsches Prinzip. Negative Formulierung 211. Geschichte 267-268. Formulierung 268-269. Unabhängig von der Mechanistik 269. Die Wärme „färbt ab“ 270. Tatsachenwahrheit 272. Wärme und Energie 273. Eigentümlichkeit seiner äußeren Form 274. Es handelt von Veränderung 275. Nicht „plausibel“ 276 f. Entfernte Analogien und spätes Auftreten 277-278. Lange Vergessenheit 278. Vorsicht beim Beweis, POINCARÉ 279. Widerstände 279-280. Hypothesen über die Strahlung 281-282. Die ewige Wiederkunft 284-285. Einwände 285. Erklärungen durch die ungeheure Größe 286-287. Durch die Mechanistik 287-291. Schwierigkeiten 291, 363. — und Erhaltung der Energie 294-295, 370. Hervorragende Rolle in der Naturwissenschaft 299. — und Zeitbegriff 300-301. PERRINS allgemeine Formulierung 300. Präzisiert die Zeitvorstellung 301. Ausdruck des Widerstrebens der Natur gegen die Kausalität 301, 451 f., 472. Entwicklungslehre 328-330. Scheinbare Finalität 334, 468. LALANDES Theorie

334. Irrational 334. — und Erhaltung der Masse 370. — und OSTWALDS Theorien 371.
- CARPENTARIUS. Verkenning der Trägheit 116. Schwere der Luft 166, des Feuers 170.
- CASSIRER. Kommentar zu LEIBNIZ 35. GALILEI 86. Griechische Atomistik 98. Der Raum bei DESCARTES 258. SPINOZAS „Akosmismus“ 265. Naturwissenschaft und mathematische Funktion 410. Rolle des Funktionsbegriffs 457. (S. Anhang I).
- CAVENDISH. Gegen LAVOISIER 172, 176.
- CHALLIS. Gegen die Fernwirkung 75.
- CHANCOURTOIS (A. E. BÉGUER DE). Periodizität des Atomgewichts 248.
- CLAPEYRON. Entstellung von CARNOTS Gedanken 267, 278.
- CLARKE (F. W.). Atomgewichte 180 (S. Anhang I).
- CLAUSIUS. Kinetische Gastheorie 60. Carnotsches Prinzip 268-269, 278 f., 293. Die Wärme 271. — und S. CARNOT 272. Konstante Richtung der Entwicklung des Weltalls 275-276, 293. — und ARRHENIUS 280. — und RANKINE 281-282. Mayersches und Carnotsches Prinzip 293.
- COHEN (HERMANN). Griechische Atomistik 98. Trägheit und Bewegung 237. Epigenetische Auffassung der Entwicklung 330. Materie und Äther 383, 441.
- COLDING. Ansicht PLANCKS 154. Erhaltung der Energie 199, 207, 208.
- COLONNA (GILLES). Atomistik 85.
- COMTE (AUG.). Aposteriorische Forschungsmethode 475. Gesetzmäßigkeit 4. Grenze der Gesetzmäßigkeit 5-7. Andere Grenze 9. Verbotene Untersuchungen 6, 387, 393, 435, 442. Ökonomie der Gesetze 11-12. Leidenschaft des Erkennens 33. Verbot der Erklärung 41 f., 45, 50, 106, 427. Instinktive Übertretung des Verbots 353. FRESNEL 43. Einfluß 48. Gravitation 76. Ansicht über die griechische Wissenschaft 87. — und MAXWELL 92. Korpuskularhypothese und Trägheitsprinzip 95. Wesentliche Eigenschaften des Körpers 353. — und OSTWALD 370. — und PLANCK 399. Chimärischer Charakter des positivistischen Schemas 406 f., 447. Psychologische Quelle des Irrtums 412. Folgen bei COMTE 413 f. Seine Verbote haben die Entwicklung der Wissenschaft nicht beeinflusst 414 f. Die Idee der „Ordnung“ (MILHAUD) 442. (Vgl. Anhang II).
- CONDILLAC. Das Identitätsprinzip 35. Empfindung und Außenwelt 306. Primat des Tastsinns 317. Substantielle und akzidentielle Qualitäten 340.
- CONDORCET. Verwertung weit zurückliegender Entdeckungen 11.
- CORDEMOY. Okkasionalismus 316.
- CORNU. Rolle der Hypothese 45.
- COTES. Gravitation und Materie 66. — und NEWTON 412. (S. Anhang I).
- COULOMB. Gravitation 67. — und die Fernwirkung 74.
- COURNOT. Kausalität und Zeit 30, 225. Wert und Perrennität der Atomistik 91, 419. Nicht-quantitativer Charakter der Empfindung 306. Undurchdringlichkeit 313. Die Substanz 419. Gesetzmäßigkeit und Beharrlichkeit der Körper 468.

- COUTURAT. — über LEIBNIZ 35, 256, 311, 432, 451.
 CROOKES. — und RÖNTGEN 203. Die Atomgewichte 464.
 CURIE (Frau). — über das Maß der Zeit 23. Atomistik 89.
 CURIE (PIERRE). — über das Maß der Zeit 23.
 CUVIER. — und GEOFFROY ST. HILAIRE 328.
 CZOLBE. Mit Qualitäten ausgestattete Wellen 307.
- DALTON. Atomtheorie 53.
 DARWIN. Erklärung der biologischen Erscheinungen 52. Versuch einer Erklärung der Entwicklung 329.
 DASTRE 201, 268, 421, 432.
 DAVY (HUMPHRY). Verwandlung von Bewegung in Wärme 198. Das „Murium“ 350. Notwendigkeit der Theorien 416.
 Deduktion (Naturerkenntnis durch). DESCARTES 422-423. SPINOZA 423. LEIBNIZ 423. HEGEL 423 f. Scheitern 424. Die „Naturphilosophen“ 425. Die Naturforscher 425. Teilweise Übereinstimmung: KANT 427-428, WHEWELL 428.
 DELUC. Der Wärmestoff 196, 216.
 DEMOKRIT. Atomistik 83-87, 96, 421, 474. — kannte das Trägheitsprinzip nicht 108 f. Angabe bei DIOGENES LAERTIUS 108. Erhaltung der Masse 159. Einheit der Materie 241, 253. Bewegung der Atome 255. — und DESCARTES 258. Die Empfindung 303, 309, 450.
 DESCARTES. Das Tier 4. Naturwissenschaftliche und metaphysische Theorien 48. Die Mechanistik 52, 65, 86, 91, 303, 326. Gravitation 73. — und GALILEI 119. Die Trägheit 120, 128, 149 f. Ansicht WUNDTs 128. Die Rotation 128. Gegensatz zu NEWTON 130, 133. Die Bewegung 140. — als Kopernikaner 146. Wahre Grundlage des Trägheitsprinzips 152. Ansicht PLANCKS 154. Die Masse 164-169, 186. Unterscheidung zwischen Masse und Gewicht 166, 190. Gewicht eine akzidentielle Eigenschaft der Materie 168. Einfluß dieser Gedanken 168 f., 190. Gemeinsamer Ursprung der Elemente 190. Erhaltung der Bewegung 194, 206, 208, 369, 431. Was sich erhält 215. Einheit der Materie 242. Die begriffliche Veränderung 251. Erklärung des Seins 255, 258. Raum und Materie 257-259, 437. Vorahnung der Erhaltung der Energie 276. Die Bewegung der Körper 278. Finalität 333. Die zwei Vorstellungen von der Sonne 393 f. Denkweise 411. Die universelle Begrifflichkeit 422-423, 427. Vorherrschaft der Deduktion 447. (S. Anhang I und II).
 DIDEROT. Schwere des Feuers 171-172. Determination des Weltalls 332.
 DIELS, s. Anhang III.
 DIERBACH. Die Gewichtszunahme 164.
 DIOGENES LAERTIUS. DEMOKRIT und die Bewegung der Atome 108.
 DRIESCH. Potentielle Energie 197. Gegen OSTWALD 371.
 DUCLOS. Schwere des Feuers 171.
 DUHAMEL. Beschleunigung 142.
 DUHEM. Das wissenschaftliche Gesetz 20. Nichtübereinstimmung zwischen Gesetzen und Tatsachen 21. Die physikalische Theorie 47 f. Unterordnung des Gesetzes unter die Hypothese 49. Illusion der Erklärung 50.

Ansichten LAGRANGES 67. Mittelalterliche Atomistik 85. Die Renaissance und die exakten Wissenschaften 87. Rückkehr zum Peripatetismus 90, 446 f. PAPPUS' Theorie der Bewegung 109-110; die des HIPPARCH und des ALBERTUS DE SAXONIA 114; des LIONARDO 117; des ARISTOTELES 124. BORELLI 142. Unbestimmtheit des Massenbegriffs 188. Formulierung des Prinzips der Erhaltung der Energie 192. LIONARDO und die Erhaltung der Energie 193, 209, 277, 289. Die Wärmebewegung 196. CARDANUS 209, 277. STEVIN 210, 214. Die Sucher nach dem *perpetuum mobile* 213. — und BOYLE 243, 421. — und LAVOISIER 244. SAINTE CLAIRE DEVILLE 245. Zurückführung der Materie auf den Raum 259. Der Äther 262. Carnotsches Prinzip 268-269. — und MAXWELLS Dämon 289. Stetigkeit des Übergangs vom gemeinen Menschenverstand zur Wissenschaft 387 f.: das physikalische Experiment 388-390, 396, der Unterschied 404-405. Unmöglichkeit des *experimentum crucis* 416. — und FRESNEL 417. — und LÉMERY 421. Vorbehalte hinsichtlich der mechanischen Theorien 434. Physik und Logik 438. Die Einfachheit 444. Analogieschluß 446. (S. Anhang I).

DÜHRING. Paradoxie der Trägheit 143.

DULLAERT (JEAN). Fortsetzer des ALBERTUS DE SAXONIA 114.

DUMAS (J. B.). Bau der Atome 101. Proutische Theorie 247. Deduktion 425.

DUNAN. Primat des Tastsinns (Geschichte) 317-318. Raumanschauung der Blinden 318. Gegen den Primat des Tastsinns 318.

DUNS SCOTUS. — und die Atomistik 85.

EDDINGTON (A. S.) 204, 217, 286.

EDDLSTON, s. Anhang I.

EINSTEIN. Relativität und Gravitation 81. — und Raum 127. Einfluß MACHS 132. Die Ortszeit (Lokalzeit) 139, 264. Brownsche Bewegung 290.

Eleaten. Einfluß auf die Entstehung der griechischen Atomistik 96-97. Paradoxien der Bewegung 237. Kampf 239. Das *eine* Sein 335.

Elektron. J. J. THOMSONS Theorie 100 f. — und Äther 260. — ist keine „greifbare“ Materie 321 f. — und Wirklichkeit 392. — und Gegenstände des gemeinen Menschenverstandes 401.

EMPEDOKLES. Die Veränderung 93. Die „Zyklen“ 283.

Energie (Prinzip der Erhaltung der). Ursprünge 62-63. Unvereinbarkeit mit der mechanistischen Erklärung der Gravitation 75 f. PLANCKS Ideen 154. Allgemeine Formulierung 192. — und Erhaltung der Materie 192. Geschichte 193-199. Experimentelle Daten 200-201. Der wahre experimentelle Beweis 202-203. Die Gewißheit des Prinzips überschreitet die Erfahrung 204, 429. Direkte Ableitungen *a priori* 206-209. Beweis mit Hilfe der Zentralkräfte 209. Aus der Unmöglichkeit des *perpetuum mobile* 209-214. „Plausibilität“ 215. Energie und Masse 216. Die Energie Eigenschaft eines Systems 216. Nur ein Integral 218, 294, 394. Die drei Glieder 218-219. POINCARÉS Formulierung 219. Allgemeinheit der Formel 219. — und Mechanistik 236. — und Carnotsches Prinzip 268, 276, 292-294.

- Die beiden Definitionen der Energie 294. — und Quantität 361. OSTWALDS Theorie 366-371.
- ENGELMAYER (C. DE). Dunkelheit des Massenbegriffs 187.
- Entropie. Begriff 268. — und HAECKEL 279 f. Beständige Zunahme 287. — und Wärme 295. OSTWALDS Theorie 369-371.
- Entwicklungsprinzip. Doppelter Charakter 328-329. Prinzip der Veränderung 328 f. Anpassung an die kausale Erklärung 330, 333.
- EPIKUR. Atomistik 84-85. — kannte nicht das Trägheitsprinzip 108. Lehrer des LUKREZ 159.
- Erhaltungsprinzipien. Wesentliche Vieldeutigkeit 106. Entstehung 107, 153-155. POINSONS Gedanken 153, 234. Gedanken von SPIR, TANNERY, MILHAUD, LALANDE, WILBOIS, KOZLOWSKI 153-155, von BACON 301. Ihre Plausibilität 215, 276, 278-279, 454. Typische Formulierung 219. Rolle des Kausaltriebs 220, 275, 418, 429, 448. Ansehen 220-221. — und Mechanistik 236. — und Vernichtung der Außenwelt 264-266, 309. — und Carnotsches Prinzip 276-279, 334. — und Verlauf der Weltentwicklung 295. — und Entwicklungsprinzip 330. — und Deduktion der physikalischen Vorgänge 424. — und Richtung der heutigen Naturwissenschaften 439. — lassen sich nicht aus der Gesetzmäßigkeit ableiten 466 f.
- Erklärung, wissenschaftliche. Auffassungen von BERKELEY, HUME, TAINÉ, HELMHOLTZ, HANNEQUIN, OSTWALD 1 f. Erklärende Theorien 41, 422, 430. — von COMTE untersagt 41 f. COMTES instinktiver Verstoß gegen seine Theorie 353. Ihre wahre Natur: SPIR, TANNERY, MILHAUD, LALANDE 153-155. POINSON 234. — des Seins 255-256, 261-264, 265. DESCARTES 258. — durch das sehr Große 280 f., 285-287. Kausale Mustererklärungen bei MAXWELL, GIBBS, BOLZMANN 288 f. Die Empfindung als Grenze der kausalen Erklärung 310. Die effiziente Kausalität 324. — und OSTWALDS Theorie 371. Ontologischer Charakter 408. Kein Vorgang ist vollkommen erklärbar 426. (Vgl. wissenschaftliche Kausalität, Deduktion, Finalität).
- ÉTARD. Triumph der Atomistik 88. Konstanz der Elemente 244. Gegen MENDELEJEFF 248. Untrennbarkeit der Begriffe *Materie* und *Energie* 370.
- EUKLID. Die Homogenität des Raumes 27.
- EULER. Gegen die Fernwirkung 74, 75. — und NEWTON 133. Relativität der Bewegung 135. — und NEUMANN 137. Bewegung und Veränderung 141.
- EURIPIDES. Übereinstimmung zwischen den Menschen nur in den Namen der Dinge 383.
- EWALD (OSKAR). NIETZSCHE und die ewige Wiederkunft 284.
- FARADAY. Gegen die Fernwirkung 74, 79. Gegen RANKINE 197. Erhaltung der Energie 209. — und TAIT 209.
- FATIO DE DUILLER. Gegen die Fernwirkung 75.
- FAVARO. Herausgeber GALLEIS 170.
- FERNEL. Atomistik 85.

- Fernwirkung. Einwände: NEWTONS Zeitgenossen 71-73; spätere Physiker 73-75; LE SAGE 75. Zustimmung der Philosophen 76 f. Antispatialer Charakter 80. Wahrscheinliches Verschwinden 81, 436-437. Unbegreiflichkeit 100, 143, 312. — und Masse 186. — und Atom 256. (Vgl. Anhang I).
- Finalität. Erste Erklärung der organischen Welt 326. Ständiges Zurückweichen vor der Kausalität 331. — setzt Bewußtsein voraus 332. — brauchbar bis zur kausalen Erklärung 333 f. — stets anwendbar für die Erfassung des Irrationalen 335 f.
- FISCHER (EMIL). Einfluß der Stereochemie 417.
- FOUCAULT. Das Pendel 130, 135-136.
- FOUILLÉE. Die Wirkung 8. Der Wille 13. Einfluß SECCHIS 63. Ansehen der Erhaltungsprinzipien 220. Mißbrauch des Unerkennbaren 311. Deduktionen der Naturforscher 425.
- FOURCROY. Das Phlogiston 170.
- FOURIER. — und COMTE 413.
- FRESNEL. Ansicht COMTES 43. Gebrauch der Hypothesen 45. Interferenzstreifen 49. Undulationstheorie 54-56, 435. POINCARÉ'S Ansicht 88. Wärme 198. Verwirklichte Voraussagen 417. MACHS Meinung 436. Natur und Schwierigkeiten der Analysis 444.
- FREYCHNET (DE). Proportionalität von Masse und Gewicht 189.
- FRIEDEL. Chemische Valenz 249, 253.
- GAETANO DA THIENE (CAJETANUS). Fortsetzer des ALBERTUS DE SAXONIA 114. Akzidentielle Schwere 164.
- GALEN. Einheit der Materie nach den Atomisten 241.
- GALIANI (Abbé). Finalität 327, 330.
- GALILEI. Streben der Erde 72. Mechanistische Tendenz 85-86. Die Vorläufer 112, 115, 118-119. Zusammengesetzte Bewegung 118. Trägheit 119, 125. Beweis des Trägheitsprinzips 147. Die Bewegung 140. Kreisbewegung 141. — und KOPERNIKUS 146. — und ARISTOTELES 160. Versuche 169. Schwere des Feuers 170-171. Erhaltung der Energie 193. — und *perpetuum mobile* 209. Fallen der Körper 227. (Vgl. Anhang II).
- GALL. — und COMTE 414.
- GASSENDI. Atomtheorie 85, 98. Wärme- und Kältestoff 362. — und NEWTON 459.
- GAUSS. Gegen die Fernwirkung 74.
- GAUTIER (A.). Maß der Materie 186. Konstanz der Elemente 244.
- GAY-LUSSAC. Gesetz der Äquivalente 247, 445.
- GEBER. Die Transmutation 162.
- Gedächtnis. Rolle bei den Wahrnehmungen 373-375, 404. Empfindung und Erinnerung 377 f.
- GEHLER 214.
- GEOFFROY SAINT HILAIRE. — und CUVIER 328.
- GÉRARD ODON. — und die Atomistik 85.
- GERHARDT. Typentheorie 414.

- Gesetzmäßigkeit. HELMHOLTZ' Definition 3, 4. Grundlage 4. COMTES Ansicht 4, 412. Die von COMTE der — gezogene Grenze 6 f., 442. Praxis der Naturforscher 7, 352. Die Denkökonomie (MACH). 12. — und Wunder 15. Das Gesetz als eine Gedankenkonstruktion 19-22, 443. — und Zeit 22, 226-229. — und Zeitmessung 23. — und Raum 26. Der Gegenstand und die — 30 f., 401. — und Hypothese 45. Unterordnung unter die Hypothese 49. SPIRS und KROMANS Ansichten 154. Kennzeichen 263. Ihr eigentlicher Bereich 325-326. — und Finalität 335 f. — und die Ersetzung der Qualität durch die Quantität 365. Die Übereinstimmung zwischen dem Geist und den Erscheinungen geht über die — hinaus 420. — und Kausalität 455 f. LUKREZ' Theorie 456. Erhaltungsprinzipien und — 466-467. Die Merkmale der Wissenschaft lassen sich nicht aus der — ableiten 467-468. Die Substanzialität läßt sich nicht aus der — ableiten 471. — und Identität 476. Zusammenhang und Unterschied der beiden Prinzipien 476. (Vgl. wissenschaftliche Kausalität).
- GIBBS. Möglichkeit der Transmutation 249. Erklärung der Irreversibilität 288 f. — und aristotelische Physik 447.
- GILBERT. Arbeiten über Elektrizität 204. — und BACON 415.
- GOBLOT. Provisorische Bedeutung der teleologischen Erklärung 334.
- GOETHE. Primat des Handelns 5.
- GONZALES. HOLKOT und HUME 316.
- GORLAEUS. Atomistik 85. Schwere der Luft 166.
- GOUY. Brownsche Bewegung 49, 144, 289-290, 304, 419. Gegensatz zum Carnotschen Prinzip 290.
- Gravitation. Mechanische Theorie 44, 45, 73. Widerstand der Zeitgenossen 73. Suche nach der Erklärung 75. LE SAOES Theorie 75. Meinungen der Philosophen 76 f., 183. Entwicklung des Begriffs 80-81. Mystischer Charakter 145, 188-189. Vertraute Vorstellung 315.
- GRIMAUD. SCREELE und LAVOISIER 175.
- Grund (Prinzip des zureichenden Grundes), s. Kausalität, LEIBNIZ.
- GUILLAUME (C.-E.). Theorie v. BOUSSINESQ 189. Durchlässigkeit des Glases 201. Das Spektrum 203.
- GUTHRIE. Gegen die Fernwirkung 75.
- GUYOT. Gegen die Fernwirkung 75.
- HAECKEL (ERNST). Die Mechanistik 52. Gegen das Carnotsche Prinzip 279, 294. Sinnesorgane der Tiere 307. — und KANT 327.
- HALLER (A. v.). Erhaltung der lebendigen Kraft 196. Präformation der Keime 432.
- HAMILTON. Gegen den Primat des Tastsinns 318.
- HANNEQUIN. Angleichung der Kausalität an die Gesetzmäßigkeit 2. Die Zeitmessung 22. Einfluß 48, 50. Schwierigkeiten beim Ätherbegriff 56, 57. Theorie des Stoßes 61. Mathematische Begriffe und physikalische Theorien 95. Einheit der Materie 249. Carnotsches Prinzip 269. Naturwissenschaft und wirkliches Werden 299. — verkennt die Kraft der Anordnung 466.

- HARTMANN (ED. v.). Schwierigkeiten der Mechanistik 53. Fernwirkung 76. Einschränkungen der Wichtigkeit des Tastsinns 317. Irreale Begriffe 388. „Naiver Realismus“ der Idealisten 400, der Positivisten 401. Der transzendente Realismus 449. Einwände 449-451. Gesetzmäßigkeit und Kausalität 456.
- HARTMANN (Oberst). Theorie der Inertialbewegung 125.
- HEISENBERG 102.
- HEGEL. Bewegung der Himmelskörper 145. — und SPINOZA 265, 423, 440. Deduktion der physikalischen Erscheinungen 423-424. — und TAINÉ 424.
- HELM. Erhaltung der Energie 204, 215, 218, 429. Phlogiston und Energie 231. Thermodynamisches Prinzip 273, 275. Widerstand gegen das Carnotsche Prinzip 279. Der Begriff der Tendenz 295. Ablehnung der Kausalität 429.
- HELMHOLTZ. Gleichsetzung von Kausalität und Gesetzmäßigkeit 2 f., 41, 208. Letztes Ziel der Naturwissenschaft 30. Die Beziehungen zwischen Gegenstand und Raum 30. Gravitation 75. Erhaltung der Energie 199, 202, 208-211, 434. Beweis des Prinzips 209-212. Unveränderlichkeit der Stoffe 244. Wirbelatome 260. Der Äther eine Hypostase des Raumes 261. Ätherringe 262. Hypothese der verborgenen Masse 287. J. MÜLLERS Theorie 304-305. Identifikation der Gesetze mit den Eigenschaften des Körpers 387. Unmöglichkeit, zur ursprünglichen Wahrnehmung zurückzukehren 403. — und MAXWELL (Ansicht PLANCKES) 437.
- HELMONT (VAN). Konstanz des Gewichts 163. Widerlegung der Palingenese 432.
- HERAKLIT. Das πάντα ἥει 277. Das große Jahr 283. Die tägliche Sonne 394. Weltbild 469. (Vgl. Anhang III).
- HERMOTIMOS. Übereinstimmung zwischen Denken und Natur 448, 452.
- HERON v. ALEXANDRIEN. Atomistik 84.
- HERRERA 52.
- HERTZ. Gebrauch der Hypothese 45. Elektromagnetische Theorien 54, 101. Schwierigkeiten in der Vorstellung des Äthers 56. — verwirft den Kraftbegriff 59. Elastizität 63. Entwicklung der Gravitation 80. Prinzipien der Mechanik 106, 224, 225. Hertzsche Wellen 204, 306. KELVINS „totale innere Energie“ 218. Ansehen der Erhaltungsprinzipien 220. Materie und Äther 260. Auffassung der Energie 369. Die metaphysischen Bedürfnisse 385. Identifikation der Gesetze mit den Eigenschaften des Körpers 387. Übereinstimmung zwischen der Natur und unserem Geiste 420. Ansicht L. LANGES 437.
- HERZEN (ALEXANDER). Die Empfindung 302 f., 309.
- HEYDWEILLER. LANDOLTS Versuche 181.
- HIERONYMUS (St.) 84.
- HIPPARCH. Theorie der Wurfbewegung 111-112, 113 f., 116, 125.
- HIPPOKRATES. Substantielle Qualitäten 341, 359.
- HIRN. Realität des Atoms 98. Mechanisches Wärmeäquivalent 201.
- HOBBS. Gegen die Erhaltung des Gewichts 168.

HÖFLER. Gegen OSTWALD 368.

HOLKOT (ROBERT). Atomistik 85. Wechselwirkung der Substanzen 316.
— und HUME 316.

HOMBERG. Schwere des Feuers 171. Die Elemente und die Körper 346.

HOOKER. Gegen die Fernwirkung 75.

HOUSSAY (F.). — und HALLER 432.

HUET. Der gemeine Menschenverstand und das Handeln 400.

HUME. Angleichung der Kausalität an die Gesetzmäßigkeit 2. Vertrautheit und Unbegreiflichkeit der Wirkung durch Berührung 315f. — und HOLKOT 316. Die Qualität 322, 360. Empfindung und Existenz der Objekte 379.

HUXLEY. Eigenschaften der Materie und der sie zusammensetzenden Elemente 353, 356, 358. Die Materie als unbekannte Ursache der Bewußtseinszustände 379.

HUYGENS. Mechanische Theorie der Gravitation 44, 73. Der Stoß 60. Erhaltung der lebendigen Kraft 62, 194, 277, 419. Brief von PAPIN 65. Gegen die Fernwirkung 75. Mechanistik 91, 436. Das Gewicht 169. Unmöglichkeit des *perpetuum mobile* 210, 212, 213.

Hypothese. NEWTONS Ansicht 43. Häufiges Vorkommen in der Naturwissenschaft 45. Bildliche Darstellungen 46-47. Unterordnung des Gesetzes 49. Arbeitsmittel 414-415, 416-417. Ihre Unentbehrlichkeit bei jeder Forschung 416. Ihr hoher Wert 420. Ohne Hypothese statische Wissenschaft 435. Letzte Widersprüche 435-436. Das Endziel unerreichbar 437. Der Grundbestand der Hypothesen ist unwandelbar 438.

Identität (Prinzip der). Nichtübereinstimmung mit der Wirklichkeit 32, 153, 312, 426. — und Kausalprinzip 35. Seine wahre Natur 35. CONDILLACS Ansicht 35. — und Ortsveränderung 93. Anwendung in der Zeit 95, 219, 220, 234, 239-240, 253, 275. Erklärende Kraft 105, 301, 447. Entstehung der Erhaltungsprinzipie 107, 152-153, 206, 209, 279. — und Plausibilität 153. Auffassung SPINOS 154. — und Reversibilität 221. — und scheinbare Verschiedenheit 261-262. — und Raum 261-262, 264. Herrschaft über die Wissenschaft 266, 298 f. Reaktion seitens der Wissenschaft 266. — und Periodizität 282. Die Versuche, das Identitätsprinzip mit dem Carnotschen in Einklang zu bringen 286-287. Schwierigkeiten 291-292. Die Illusion der Identität 296. Der Vorgang besteht in einer Veränderung 297. Ewige Form des Geistes 298. Identität „untergeschoben“ 301. — und Wirkung der Atome 314. Tendenzen der Chemie 355. — und qualitative Theorien 364. Die ewige Ausflucht 356, 379. Hypothese der Identität als einer Hilfskonstruktion 473. Ableitung der Hypothese der Gesetzmäßigkeit aus dem Identitätsprinzip 476.

Irrationale, das. Sein Charakter 311. Irreduzibilität der Empfindung 302f., 358, 426. Grenze der mechanistischen Erklärung 311-312. Irreduzibilität der transitiven Wirkung 312 f., 322 f., 426, 437. Das Irrationale nur Eines 323. — und Finalität 336. (Vgl. Mechanistik).

Isotopen 180.

- Jainas. Atomtheorie 82-83, 87, 241, 421.
- JAMES (WILLIAM). Plastizität der Natur 430.
- JEANS 204, 217, 286.
- JOULE. Erhaltung der Energie 62, 200, 215, 434. — und PLANCK 154. Experimentelle Daten 200. Deduktion des Prinzips 207-208. — und TAIT 209. — und Carnotsches Prinzip 267.
- JOTAYKO 304.
- JUNKER. Verwechslung des spezifischen mit dem absoluten Gewicht 162.
- KANADA. Atomistik 82, 87. Verschiedenheit der Atome 241.
- KANT. Begriff der Erfahrung 7. Willensfreiheit 13. Analytische und synthetische Urteile 35. Dynamische Theorie 69. Fernwirkung 76. Wirkung der Materie 78. Relativität der Bewegung 126. — und MAXWELL 127. — und NEWTONS Beweis 130. Beweis des Trägheitsprinzips 144. Einfluß DESCARTES' 152. Die wissenschaftlichen Urteile 153. Beweis *a priori* für die Erhaltung der Materie 182-184. SCHOPENHAUER folgt ihm darin 183. Einfluß auf HELMHOLTZ 208. Der Wärmestoff 261. Organismen und Teleologie 327. Einwand 330. Beharrlichkeit 380. Deduktion und Erfahrung 425. Die Wirklichkeit teilweise begreiflich 427, 451. Die reine Naturwissenschaft 427, deren Unmöglichkeit 430. Gesetzmäßigkeit und Kausalität 456.
- Kaufmannscher Versuch 103.
- Kausalität, effiziente. Zwischenbegriff zwischen wissenschaftlicher und theologischer Kausalität 324. Anwendung auf das Irrationale 326, 426.
- Kausalität, theologische, Unterschied von der wissenschaftlichen Kausalität 39-40, 324. Zwischenbegriff 324. (Siehe effiziente, wissenschaftliche Kausalität):
- Kausalität, wissenschaftliche. Zurückgeführt auf Gesetzmäßigkeit: BERKELEY 1-2, HUME, TAINÉ, HELMHOLTZ, HANNEQUIN, OSTWALD 2, PAINLEVÉ 382 f. Zurückführung der Gesetzmäßigkeit auf Kausalität: LUKREZ 2, 158, J. BERNOULLI 2; Ansichten KOZLOWSKIS und KROMANS 2, 3, SPIRS, KROMANS, TANNERYS 354. SPIR 388. LEIBNIZ' Definition (Prinzip des zureichenden Grundes) 17, 250, 255-257. PLATON, ARISTOTELES, SCHOPENHAUER und WOLFF 17. Auffassung Joh. BERNOULLIS, LUKREZ' und ANAXAGORAS' 18. Beziehung zur Zeit 30. Gegensatz zur Gesetzmäßigkeitsauffassung 32, 468. Kausaltrieb (kausale Tendenz) 48-49, 263, 287, 356, 359, 385, 409, 418 f. Ursprung des Postulats der — 32. LEIBNIZ' Auffassung 33, 35. Ursprung der Verwechslung mit der Gesetzmäßigkeit 36-37. Unterschied von der theologischen — 39-40, 324. Beziehung zum Willen 40-41. Erklärende Theorien 41-42, 235. Deduktion der mechanistischen Theorien 93 f, 309, 366, 458, 466. Starker Einfluß auf die Naturwissenschaft 106, 220 f., 225, 458-468. Einfluß auf den Trägheitsbegriff 151 f., 300 f. — und Erhaltung der Materie 157, 181, 183, 184 f., 216, 466 f. — und Erhaltung der Energie 205-209, 369, 429. Die Sphäre des PARMENIDES und LAPLACES Urnebel 239-240. — und das Sein 256-261. — und *perpetuum mobile* 271. — und naturwissenschaftliche

Aussagen 275. — und Carnotsches Prinzip 287, 301. Die kausale Illusion und das Beharrliche 292, 295. BOUTROUX' Meinung 297 f. Die Grenze oder das Irrationale 310-316. Grenze in Beziehung auf die Gesetzmäßigkeit 325, 455 f. Erklärung der organischen Welt 330 f. Zurückweichen der Finalität 331 f. Grenzen der kausalen Erklärungen 336. — und allgemeine Tendenzen der Chemie 355 f. Gleiche Tendenz beim gemeinen Menschenverstand und bei der Wissenschaft 382. Kausalität und Gesetzmäßigkeit arbeiten einander in die Hände im gemeinen Menschenverstand und in der Wissenschaft 384, 397. — und irreversible Vorgänge 417. Doppelte Verwechslung mit effizienter Kausalität 426. Die kausalen Irrtümer 431. Gesetzmäßigkeit, Abkürzung der Kausalität 476. (Siehe theologische Kausalität, effiziente Kausalität, Gesetzmäßigkeit, Finalität.)

KÉKULÉ. Strukturformeln 417.

KELVIN (Lord). Gebrauch der Hypothese 45. Der Äther 58. Mechanistische Theorie 59. Kinetische Gastheorie 60. Elastizität 63. Gegen die Fernwirkung 74, 81. Das „mechanische Modell“ 92. Das mechanische Fundamentalphänomen 104. Masse und Gewicht 187. Die *totale innere Energie* 218. — und CARNOT 267.

KEPLER. Das „Streben“ 72. Die Fernwirkung 77. —s Gesetze auf die Elektronen angewandt 102. Verkenennung der Trägheit 116. Masse und Gewicht 164. Denkweise 411. Elliptische Bewegung der Himmelskörper 442. NEWTONS Vereinfachung 471. (Vgl. Anhang I und II).

KIRCHHOFF. Die beschreibende Naturwissenschaft 42-43. Mechanik und Erfahrung 106, 434.

KIRWAN. Das Phlogiston 170, 349-350.

KLEINFETER. Analogie mit MACH 136.

KOHLRAUSCH (R). Chemische Energie 285-286.

KOPERNIKUS. — und ARISTARCH v. SAMOS 113. Vorläufer 114. Kreisbewegung 116, 119, 141, 442. Relativität des Raumes 127. Relativität der Bewegung 146. — und BACON 415. (Siehe Anhang II).

KOPP (HERMANN). Arbeiten über die Chemie vor Lavoisier 162, 164, 169, 172, 242-244, 343, 346-347, 348, 421, 432. Das Phlogiston 348-350.

KOZŁOWSKI. Ansicht über Kausalität 2, 3. Vergleich zwischen COMTE, KIRCHHOFF und MACH 42. LASSWITZ' Theorie 61. Grundlage der Atomistik 99. Analogie mit MILHAUD, LALANDE 155. Einheit der Materie 249. Gehör und Gesicht 306. Raumempfindung 318. — und LUKREZ 456.

KRATYLOS, s. Anhang III.

KROMAN. Die Kausalität 3, 154. LASSWITZ' Theorie 61. Analogie mit SPIR 154.

KRÖNIG. Gastheorie 60.

KUES (NIKOLAUS v., CUSANUS, der Kusaner). Relativität der Bewegung 114-115, 126, 146. Einfluß auf GALILEI 119, 147. Erhaltung des Gewichts 163.

KUNKEL. Verwechslung von spezifischem und absolutem Gewicht 162. Transmutation 347. Widerlegung der Palingenese 431-432.

- LAFFITE.** — und **REGNAULT** 7.
- LA FONTAINE.** Der Verstand korrigiert die Empfindung 385.
- LAGRANGE.** Gebrauch der Hypothese 45. Materie und Gravitation 67. — und die Fernwirkung 74. Die Zeit als vierte Dimension des Raumes 224.
- LALANDE (A.).** Grundlage der Erklärung 155. Vergleich mit **MILHAUD** und **KOZLOWSKI** 155. **NOLLETS** Wärmefluidum 261. Gegen den Primat des Tastsinns 317-318. Carnotsches Prinzip und Tendenz zur Gleichheit 334. Soziales Element und gemeiner Menschenverstand 383.
- LAMARCK.** Erklärung der biologischen Vorgänge 52. — und **GALLANI** 327. Die Entwicklung 329. — und **COMTE** 414.
- LANDOLT.** Erhaltung der Materie und experimentelle Unregelmäßigkeit 181, 467. — und **OSTWALD** 369.
- LANGE (F. A.).** Rolle der Naturwissenschaft 14. Arbeiten über die Theorien 50. Die Atomistik 82, 86. — und **CZOLBE** 307. Willkür der Teleologie 333. Entwicklung der Naturwissenschaft 441.
- LANGE (LUDWIG).** Zeitmessung 22. Der leere Raum 131. Relativität der Bewegung 135. — und **HERTZ** 437.
- LANGEVIN (PAUL).** Ortszeit 29, 139, 264. Auffassung des elektrischen Phänomens als Urphänomens 104.
- LAPLACE.** Gebrauch der Hypothese 45. Gravitation 76, 81. Doppelcharakter des Trägheitsprinzips 141. Das Phlogiston 170. Die Masse als Quantität der Materie 186. Die Wärme 197. Der Urnebel und die Unwandelbarkeit 239-240, 335. — und **PARMENIDES** 239. Bemerkung **WILBOIS'** 240. Urnebel und Entwicklung 330. Zurückweichen der Teleologie 331.
- LARMOR.** Triumph der Atomistik 88. Elektron und Äther 260, 262.
- LASSALLE (FERDINAND),** s. Anhang III.
- LAWSWITZ.** Kinetische Theorie 61. Das starre Atom 65. Geschichte der Atomistik 86, 241. Das Trägheitsprinzip 119. Erhaltung der Energie 205. Das Atom als ein Stück des Raumes 257. Helmsches Prinzip 273. Die Elemente und ihre Mischung 341-342. Das Bérigardsche System 344-345.
- LAVOISIER.** — und **ANAXAGORAS** 18. Gebrauch der Hypothese 45. Die „Revolution der Chemie“ 157, 162, 170, 172, 243. Gegen das Qualitätselement 168. Die Imponderabilien 173. Das Prinzip der Erhaltung der Materie 174 f., 200. **BLACK** und **MAYER** 175, 349. Die Verbrennung 175-177. Formulierung des Prinzips 178. Verhalten gegenüber dem Prinzip 179-180. Widerstand der Chemiker 184. Einfluß des Kausaltriebes 190. Die Wärme 197. Die Gleichung der Phlogistiker 229-230. Gleichung von — 234, 297. Die Elemente 244, 246-247. Das Phlogiston und die Qualität 348-350. Wissenschaft und Terminologie 390.
- LE BEL.** Asymmetrisches Kohlenstoffatom 417.
- LE BLANC (M.).** **VOLTA** 213.
- LE BLANC (R.).** Übersetzung des **CARDANUS** 117.
- LE BON (G.).** Die Zufallsentdeckungen 203.
- LECHALAS.** Allgemeinheit des Glaubens an die Gesetzmäßigkeit 7. (Vgl. Anh. II).

- LE CHATELIER. Das Phasengesetz 249.
- LE DANTEC (F.). Die von COMTE der Naturwissenschaft gezogene Grenze 10.
Die Organe der Tiere 307. v. HALLER 432.
- LE DUC (STEPHAN) 52.
- LE FÈVRES (NICOLAS). Elemente 343.
- LEIBNIZ. Zureichender Grund 17, 33, 35, 250, 255-256, 423. COUTURATS Kommentar 35, 256. CASSIRERS Kommentar 35. Gravitation 44, 73. Mechanistik 52, 60, 91, 327. Elastizität 60, 63, 436. Lebendige Kraft 62, 192-196, 206, 210, 213, 215, 292-294. Aktives Prinzip 65, 292, 325. Fernwirkung 79. — und KANADA 82. Atomistik 91. Infinitesimalrechnung 156. Masse 169. — und DESCARTES 194. — und HUYGENS 194. — und J. BERNOULLI 195. Einfluß 197. Unmöglichkeit des *perpetuum mobile* 210, 212. Reversibilität 222, 225, 292, 299. Raum und Materie 257, 259, 262. — und SPINOZA 266. Terminologie 269. Erhaltung der Energie 277, 419. Vorstellung vom Weltall 292-293, 332, 451. Die „Mühle“ 303, 309, 319-320, 380. Begreiflichkeit 311. Undurchdringlichkeit 313. Prästabilisierte Harmonie 316. — und BOYLE 411. Die Deduktion der physikalischen Vorgänge 423. Präformation der Keime 432. (S. Anhänge I und II).
- LÉMERY. — und STAHL 172. Die „spitzen Teilchen“ 421, 465.
- LEROY. — und LAVOISIER 176.
- LE ROY (ED.). Zeitmessung 22. Entwicklungslehre 327. Die Naturwissenschaft entspricht derselben Geisteshaltung wie der gemeine Menschenverstand 402. Rohe und wissenschaftliche Tatsachen 402, 453. Übergangszone zwischen gemeinem Menschenverstand und Wissenschaft 404. Die Rationalisierung des Wirklichen 406. Einfachheit und Denkgewohnheiten 443.
- LE SAGE. Arbeiten, die seinen Theorien vorangingen 75. Seine Theorie 75. Ansicht MAXWELLS 75.
- LEUKIPP. Atomistik 83, 87, 93. Veränderung 93. Erhaltung der Masse 159-160. Einheit der Materie 241. — und DESCARTES 258.
- LEVY-BRUHL. COMTE 6, 11, 442.
- LIBAVIUS. Transmutation 346.
- LIEBIG. Gegen BACON 416.
- LIONARDO DA VINCI. Knüpft an ALBERTUS DE SAXONIA an 117. Die akzidentielle Schwere 164, 193. Unmöglichkeit des *perpetuum mobile* 209. Das Streben nach Ruhe 277.
- LIPPMANN. Erhaltung der Energie 200-201. Mechanisches Wärmeäquivalent 204. — und CARNOT 267. Gegen MAXWELL 289.
- LITTRÉ. Empirischer Ursprung des Prinzips der Erhaltung der Materie 177-181.
- LOCKE. Erhaltung der Materie 185. Primäre und sekundäre Qualitäten 251, 257-258. Die Übertragung der Bewegung 316. Raumempfindung der Blinden 318.
- LODGE. Mechanische Theorie der Elektrizität 55. Das Elektron 102-103. Das elektrische Phänomen als Urphänomen 104. Die Trägheit 133.
- LOEB (JACQUES). Epigenetische Auffassung der Entwicklung 330.

- LONDON (F.) 54, 355.
- LORENTZ (H.A.). Gravitation 81. Elektronentheorie 100. Äther 138. Veränderlichkeit der Masse 190.
- LO SUEDO. — und LANDOLT 181.
- LOTZE. Fernwirkung 77, 80. Trägheitsprinzip 122. Paradoxe Charakter desselben 142. Beweis *a priori* 144. Gegen die Einheit der Materie 249-250. 254. Gegen die kinetische Auffassung der Empfindung 307-308. Die Bewegungssubstanz 314. Ansicht von der Außenwelt 319. Dinge und Empfindung 381.
- LUKIAN. Erhaltung der Masse 158-159. — und KANT 182.
- LUKREZ. Gleichsetzung von Gesetzmäßigkeit und Kausalität 2. Stofflichkeit der Luft 14. Auffassung von der Kausalität 18, 456, 462. Kausalität und Zeit 24, 30. Einfluß EPIKURS 84. Bild der Veränderung 93. Korpuskel 98, 458-459. Bewegung der Atome 108. Erhaltung der Materie 158-159, 185. — und JEAN REY 166. Gegen das absolut Leichte 177. Die Stofflichkeit 186, 320. Unendliche Zahl von Atomen 270. Der Tastsinn 320. Gestalten der Atome 421. Die Bäume und die Früchte 461, 471. — und die chemische Theorie 462, 464. (Vgl. Anhang III).
- LYELL. Analogie mit RANKINE 280-281.
- MABILLEAU 82-84, 108, 159, 241.
- MACH. Die Denkökonomie 12. Wissenschaft als Zweck 33. Ziel der Wissenschaft 42. Verbot der Erklärung 45, 50, 106, 387, 414. Vergleich mit MAXWELL 92. Gegen NEWTON 132. Einfluß auf EINSTEIN 132. Relativität der Bewegung 136. Gegen die „Quantität der Materie“ 186. Unbestimmtheit des Begriffs „Masse“ 188. — und JOULE 208. Gegen MAXWELL 289. Seelenblindheit und -taubheit 373. Die „Gruppen von Empfindungen“ 383 f. Die wahren Elemente der Welt 387. Wissenschaft und gemeiner Menschenverstand 387 f., 391. Rolle der Hypothese 436.
- MACQUER. Das Gewicht als eine akzidentielle Eigenschaft 172. — und LAVOISIER 176. Härten des Quecksilbers 347.
- MAGENDIE 425.
- Magie. Beziehungen zur Religion 15.
- MAIMONIDES. Die Motekallemin 84.
- MAINE DE BIRAN. Primat des Tastsinns 317.
- MALEBRANCHE. Raum und Materie 259 f. Okkasionalismus 316. — und Kausalität 316. Gottheit und Willensfreiheit 324-325. — und ARISTOTELES 339. Messung der Empfindungen 407.
- MAQUEDUS. Atomistik 85.
- Marburger Philosophenschule. Die Identität als Mittel der Erkenntnis 457. Die Rolle der Funktion 457, 473.
- MARIOTTE. Der Stoß 313. Sein Gesetz 415, 442.
- MARSILIUS v. INGHEN. Ausbreitung der Lehre des ALBERTUS DE SAXONIA 114.
- Masse. Definition 158, 320, 394. Konstanz 159 f., 190 f., 466 f. — und Substanz 164. DESCARTES 165. REY 167. LEIBNIZ 169. NEWTON 169. OSTWALD 226. Maß der Quantität der Materie 186. Substrat der Materie 186, 216.

Dunkelheit des Begriffs 187-188. Grund dieser Dunkelheit 187-188. Verwechslung mit dem Gewicht 160, 187-188. Unterschied vom Gewicht 189. EINSTEINS Theorie 190. Die Erhaltung der Masse ist „plausibel“ 191. — und Energie 216. HERTZ' Mechanik 225. Ursprung des Begriffs 320, 361. OSTWALDS Theorie 367. (Vgl. Anhang II).

Materie (Einheit der). Geschichte 241-242. Der Begriff des Elements 242-248. Die Tendenz der Chemiker 248-249, 355. Das Zeugnis der Philosophen 249-251. — und Kausalität 250. Primäre und sekundäre Qualitäten 251 f. Die Materie ein zusammengesetzter Begriff 252, 381. Unwiderstehlichkeit der Tendenz 254. Parallele Tendenz zur Reduktion auf den Raum 257-265. Der Äther 261-263. Verflüchtigung des Wirklichen 264, 408. Das Nichts 266. Reaktion der Wissenschaft 266. — und NEWTON 465.

Materie (Prinzip der Erhaltung der). Formulierung 157. Erhaltung der Masse 158. Geschichte 158-174. Erste Arbeiten von LAVOISIER 174 f. Endgültiger Sieg 176. Empirischer Ursprung: MILL, LITTRÉ 177-181. Das Prinzip überschreitet die Erfahrung 181. Apriorischer Ursprung 181. Beweis von KANT 182-184, 427. Historische Schwierigkeiten (SPENCER) 184-185. Wahrer Inhalt des Prinzips 185. Die Masse 186-191. „Plausibel“ 191. — und Erhaltung der Energie 192, 201, 204 f., 215. J. PERRIN 201. Einfachheit 276. OSTWALDS Theorie 367.

Mathematik. Unterschied von den physikalischen Theorien 95. — und Trägheitsprinzip 155. — und ZENONS Argument 237-238. — und das physikalisch Diskrete 364, 474. Die Funktion, ein unvollständiges Bild der Welt 472.

MAUPERTUIS. — und MOLESCHOTT 143.

MAXWELL. Häufiger Gebrauch der Hypothese 45. Elektromagnetische Theorie des Lichts 54, 101, 436. Mechanische Theorie der Elektrizität 55. Schwierigkeiten beim Äther 56. —, seine Auffassung und MICHELSONS Versuch 56. Gastheorie 60. Nahewirkung 66. Die Zentralkräfte 70, 74. Suche nach einer Erklärung der Gravitation 74 f. Meinung über LE SAGE 75. Die Mechanistik als letzte Erklärung 92 f. Trägheitsprinzip 127. Beweis des Prinzips 144. Erhaltung der Materie 181, 183. Gewicht und Masse 189. Nichtevidenz der Erhaltung der Energie 211. Gesichtssinn 252. Der Äther 261. Das Nichts 264. Der „Dämon“ 288-289, 330, 433. POINCARÉ'S Ansicht 289, 290, 433. Vorbehalte bezüglich der kinetischen Theorie 433. — und PLANCK 437. Die unvereinbaren Modelle 438.

MAYER (J. R.). Erhaltung der Energie 62, 215, 293, 299. Wärmeäquivalent 200. Deduktion des Prinzips 206-209. PLANCK'S Ansicht 154. — und die Irreversibilität 267, 278, 293. (Vgl. auch Energie).

MAYER. Schwimmende Magnete 102.

Mechanistik. Die Theorien 51, 302, 337. Nichtabgeschlossenheit 52. Schwierigkeiten: organische Materie 53, chemische Theorien 53, elektrische Theorien 54 f., der Äther 56. Relativer Charakter dieser Schwierigkeiten 57. Korpuskulartheorien 59. Erklärungsversuche 61 f. Dynamische Theorien 67 f. Einwände 70 f., 314. Vermittelnde Lösungen 71 f. Perennität

der Idee 82 f. Gemeinsame Merkmale 86-87. Gegenwärtiger Erfolg 88. Befriedigender Charakter 91 f., 266 f., 435. Von der Kausalität ausgehende Deduktion 93 f., 236, 409, 437. Mechanistisches Atom und elektrische Korpuskel 103 f. Das elektrische Phänomen als Urphänomen 104. Notwendige Form unseres Verstandes 106, 266, 311, 446. — und Einheit der Materie 241, 251, 264. POINCARÉ 259. — und Carnotsches Prinzip 269, 386. Irreduzibilität der Empfindung 302-336, 358, 426. Einwände der Philosophen 307-308. Die Empfindung als Epiphänomen 309. Die Grenze der Mechanik oder das Irrationale 310-336. — und der Organismus 330-336. — und der gemeine Menschenverstand 386. — und die chemischen Theorien 355, 358. Vorbehalte der Naturforscher 433-434. Leitendes Prinzip der Naturwissenschaft 440-441. (Vgl. Atomistik, Irrational).

MELISSUS. TANNERYs Kommentar 154.

MELLONI. Wärme und Licht 305.

MENDELEJEFF. Periodisches System der Elemente 248.

Menschenverstand, gemeiner. Geschwindigkeit und Materie 181. Die Materie 185, 252, 317, 381-382. Das Gewicht 188. Das Objekt und seine Qualitäten 338. Die Peripatetik und die Qualität 339 f. — und Sprache 362. Komplexität der Wahrnehmung 372-373. Rolle des Gedächtnisses 373-374. Zerstückelung des Wirklichen 375. Ist eine Ontologie 376. — und Empfindung 378-379. Permanenz der Objekte 380. Entstehung 383. Soziale Einflüsse (D'ALEMBERT) 383. — ist ein Entwurf eines naturwissenschaftlichen Systems 385. — und Mechanistik 386. — und Wissenschaft: identischer Prozeß 382, 387 f., 402-405. — und physikalische Theorie 388, 391. Das Wirkliche 392-393, 471. Die Wissenschaft ergänzt den — 393-394. Beharrlichkeit des wissenschaftlichen Gegenstandes 398-399. Das ontologische Bedürfnis 400. *Vivere est philosophari* 402. Stetiger Übergang von roher zu wissenschaftlicher Tatsache 402, 452-453. Unterschied: der — handelt unbewußt 404-405. — und Gegenstandsbegriff 469. Wissenschaft, — und Wirklichkeit 471.

MERSENNE. Beziehung zu JEAN REY 168. — und STEVIN 214. Begriff der Erhaltung 215. — und DESCARTES 255.

MEYER. Verbrennung 175. *Acidum pingue* 349.

MICHELL. Dynamische Theorie 67.

MICHELSON. Sein Versuch 56. Äther 138.

MILHAUD (G.). COMTE und die griechische Wissenschaft 87. POINSOT, TANNERY 154-155. Erhaltungsprinzipien 154-155. COMTES Dogma 442. Gesetzmäßigkeit und Kausalität 456, 466. Einwände gegen diese Auffassung 466-472, 474.

MILL (J. ST.). Die wirkliche Ursache 57. Fernwirkung 76-77. Paradoxe Charakter der Trägheit 144-145. Empirischer Ursprung des Prinzips der Erhaltung der Materie 177-181. Primat des Tastsinns 317. KANTS Beharrlichkeit 380. Beharrlichkeit der Gruppen von Erscheinungen 384.

MINKOWSKI. Ortszeit 139, 264.

- MOLESCHOTT. Materie und Bewegung, Analogie mit MAUPERTUIS 143.
 MOLYNEUX. Raumsinn der Blinden 318.
 MONGE. Das Phlogiston 170.
 MORE (HENRY). Einfluß auf NEWTON 131, 412. (Vgl. Anhang I).
 MORELLET (Abbé). GALIANI 327.
 MORLEY. MICHELSONS Versuch 56.
 MORVEAU (G. DE). Das Phlogiston 170, 173.
 MOTEKALLEMIN. Atomistik 84, 86.
 MOURET. 268. Methode der Thermodynamik 272. CARNOT, CLAUSIUS 272-273.
 MÜLLER (JOH.). Spezifische Sinnesenergien 304-305. Abstrakte Schlußweise 425.
 MUNCKE. Physikalisches *perpetuum mobile* 214.
 MUSSCHENBROEK. Die Hypothese 43. Schwere des Feuers 171.

 NAGEOTTE. Täuschungen beim Gebrauch des Mikroskops 393.
 NATORP 457.
 Naturphilosophen. Begriff der Kraft 76-77. — und Qualitätstheorien 366.
 Scheitern ihrer Versuche, die Naturwissenschaft zu deduzieren 425, 445, 447.
 NEUMANN (C.). Über die Zeitmessung 22, 300. — und NEWTON 133. Relativität der geradlinigen Bewegung 133. Absolute Bewegung 137.
 NEWTON. Die Zeit als einzige unabhängige Variable 21. *Hypotheses non fingo* 43.
 Gravitationsgesetz 44, 47, 66, 188. — und Einfachheit 442. — und Kausalität 454, 473. Die Ringe 49, 66. Erhaltung der Energie 62. Das starre Atom 64 f. Nahewirkung 66. Frühere Hypothesen 72, 146. Gegner 72 f. Das Trägheitsprinzip 129-130. Der absolute Raum 130 f.
 MACHS Beweisführung 132. EULER, POINSON, NEUMANN 133. — und PAINLEVÉ 133. Absolute Bewegung 137-138. Infinitesimalrechnung 155 f. Das Gewicht proportional der Masse 169. Die Masse als Quantität der Materie 186, 188. Schwingungen einer Wassersäule 274. — und KANT 327. Analogie mit BÉRIGARD 351. Denkverfahren 411. Metaphysische Notwendigkeit und Verschiedenheit 425-426. Gesetzmäßigkeit und Kausalität 456. Atomtheorie 458-460, 471. — und chemische Theorie 462. — und Einheit der Materie 465. (Vgl. Anhang I und II).
 NIETZSCHE. Die „ewige Wiederkehr“ 284.
 NOLLET (Abbé). Wärmestoff 261.

 OCCAM. — und die Atomistik 85. Maxime 136, 138.
 ØRSTED, Einfluß der Naturphilosophen 366, 446.
 OSTWALD. Angleichung der Kausalität an die Gesetzmäßigkeit 2. Die Zeit 24. Gegen die Mechanistik 54, 90, 355. Die quantitative Analyse 180. — und LANDOLT 181, 369. — und SCHOPENHAUER 183. — und BOUSSINESQ 189. Die Invarianten 226. Die chemische Gleichung 232. Verbindung der Elemente 245-246. Helmsches Prinzip 273. Die Eigenschaften und die chemische Formel 354. Energetische Theorie 366-371, 446. Intensitäten und Kapazitäten 367-368. Einwände: Begriff der Energie 368. Entropie 369-370. Die Energie als „Ding an sich“ 371, 454.

Die Entropie müßte sich erhalten 371. Permanenz der Gegenstände 380. Energie und Empfindung 384. Programm der Naturwissenschaften 440. (Vgl. auch Anhang III).

PAINLEVÉ. Die Homogenität der Zeit 25. Trägheitsprinzip 133. Stetiger Übergang zwischen dem gemeinen Menschenverstand und der Wissenschaft 382-383. (Vgl. Anhang II).

PAPIN (DENIS). Härte der Teilchen 65.

PAPPUS. Die horizontale Bewegung 110-111, 148.

PARACELSUS 170. Die chemischen Elemente 243, 343.

PARMENIDES. Universelle Substanz 97. Die unwandelbare Sphäre 239-240, 265, 334. Einheit der Materie 241. — und Atomistik 474.

PASTEUR. Abstrakte Überlegung und Irrtum 425.

Perpetuum mobile. Seine Unmöglichkeit: Grundlage für den Beweis des Energieprinzips 209 f. Geschichte 209-210. HELMHOLTZ 210-211. Die Erfinder 211 f. Nichtevidenz 212. Entscheidung der Pariser Akademie 212; ihre Begründung 213. STEVINS Beweis 214. — und Kausalität 271.

PERRIN (JEAN). Sieg der Atomistik 89, 90. Erhaltung der Elemente 201. Erhaltung der Energie und Unmöglichkeit des *perpetuum mobile* 214. Chemischer und physikalischer Vorgang 233. — und Carnotsches Prinzip 300. — und Entwicklung 328-329.

PHILOPON (JOHANNES). HIPPARCHS Ideen 113.

Phlogiston. Begriff 170. — und Schwere 172. MACQUERS Ausspruch 172. SCHEELÉ 173. Die Gleichung der Phlogistiker 229-230. BECHER 243. — und Elemente 348-349. Widerstand gegen LAVOISIER 349 f. Gründe dieses Widerstandes 351. „Metallizität“ 357-358. Qualitätstheorien 359.

PICAVET (F.). Die aristotelische Philosophie im Mittelalter 161.

PLANCK (M.). Glaube an die physikalische Realität 48-49. Unterordnung des Gesetzes unter die Hypothese 49. Die Mechanistik 54. Das Weltbild der neueren Physik 79. Erhaltung der Energie 154, 197. Reversible und irreversible Vorgänge 301. Die „antropomorphen“ Betrachtungen 399. — und MAXWELL und HELMHOLTZ 437.

PLATNER. Der Tastsinn 318.

PLATON. Kausalität 17. Die Geometrie und ihr Ziel 34. Die Transformation der Elemente 160. (Vgl. Anhang III).

PLOTIN. Einfluß des ARISTOTELES 161.

PLUTARCH. Bewegung des Mondes 110.

POINCARÉ (H.). Die Wissenschaft Richtschnur des Handelns 5. Vorteil der Unzulänglichkeit der Mittel 20. Über die Gesetzmäßigkeit und die Zeit 25. Grundlage der Geometrie 27. Die Leidenschaft des Erkennens 33. Gebrauch der Hypothese 45, 416. Ziel der mathematischen Theorien 47. Der Ausdruck „Existenz“ 49. — und MAXWELL 55, 433. Schwierigkeiten in der Vorstellung des Äthers 56. Gravitation 66, 454. Beharrlichkeit der Atomistik 88. Kaufmannscher Versuch 103. Relativität des Raumes 133. Absolute Geschwindigkeit der Erde 138. — und NEWTON 188. Unbestimmtheit des Begriffs der Masse 188, 191. — und

- GALILEI 193. — und RUMFORD 198. — und CARNOT 199, 200. Erhaltung der Energie 199, 221. Vorzugstellung des Prinzips 204, 429. Allgemeine Formulierung 219. Einfluß der Himmelsmechanik 225. Die mechanistischen Übertreibungen 259. Das Elektron 260. Äther und Raum 260. Carnotsches Prinzip 268-269. Formulierung 275, 279. Temperaturgleichgewicht 272. — gegen RANKINE 280-281. Die mechanistischen Erklärungen 287-288. MAXWELLS Dämon 289-291. Gouysches Phänomen 290. Die physikalische Welt, eine Partie Billard 302. Natur und Finalität 333. Die Empfindungen, die ein „unzerstörbarer Kitt“ verbindet 384. Irreversible Vorgänge 417, 419. Elektrische Schwingung und Pendelbewegung 419. Natur und Einfachheit 442, 444. Die Kraft der Anordnung 465-466.
- POINCARÉ (L.). Der Sieg der kinetischen Hypothesen 89. Masse und Gewicht 187. Zurückführung der Materie auf den Äther 259.
- POINSON. Die Elastizität 63. Trägheitsprinzip 133. Die Gesetze der Konstanz und der Gleichförmigkeit 153, 234.
- POISSON. Die Zeitmessung 23, 300. Doppelcharakter des Trägheitsprinzips 141. Die Masse als Quantität der Materie 186.
- PONCELET. „Verfügbare Arbeit“ 198.
- PORPHYRIUS. PLOTIN und ARISTOTELES 161.
- PRÉMONTVAL. Fernwirkung 80. Beziehungen zum Spiritismus 80.
- PRÉVOST 425.
- PREYER. Gesetz der Konstanz des organischen Lebens 432.
- PRIESTLEY. — BOSCOVICH und MICHELL 67. Gegen LAVOISIER 172, 176. Entdeckung des Sauerstoffs 175, 229.
- PROUT. Wasserstoff als Urelement 101, 247. Schicksal der Theorie 247-248.
- PYTHAGORAS. Quadrat der Hypotenuse 124. — und DEMOKRIT 474.
- Qualitative Theorien. Gegensatz zu den mechanistischen Theorien 337, 358. Der Gegenstand und seine Qualitäten 338. Akzidentielle Qualitäten 339. Substantielle Qualitäten 340. Geschichte 339-351. Gründe ihres Erfolges 351-352. Aus der Kausalität abgeleitete Tendenz 355. Grundlage 359. Die rein qualitative Wissenschaft 359-360. Zurückführung auf die Quantität 360. Vorteile der quantitativen Auffassung 361, — der gemäßigt qualitativen Auffassung 363. Sie lassen Stetigkeit zu 364. Unzuträglichkeiten 364-365. Fortschreitende Zurückführung auf die Quantität 365-366.
- QUERCETANUS (DU CHÈNE). Palingenese 431.
- RABANUS MAURUS. Atomistik 84-85.
- RANKINE (M.). Potentielle Energie 197. Rekonzentration der mechanischen Energie 281-282. — und MAXWELL 281. Verwandtschaft mit den antiken Vorstellungen 283. Unterschied von BOLZMANN 287.
- Rationale, das. — und die Beharrung in der Zeit 34 f.
- Raum. Homogenität (oder Relativität) 26 f. Beziehungen zum Gegenstand 27. Unvollkommene Analogie zur Zeit 28, 225. Stetigkeit 79, 319. Rela-

- tiver — 126. Absoluter — 129 f. Physikalischer — 131. NEUMANN, EULER 137. LORENTZ, MICHELSON 138. Tendenz, die Materie auf den Raum zurückzuführen 257-260, 317, auf den Äther 259, 262. — und Identität 261. — und Materie 262-264. — und das Nichts 264. Entwicklung des Begriffs 262. — und Tastsinn 320. — und theoretische Wissenschaft 450.
- REDEKER. Gegen die Fernwirkung 75.
- REGNAULT. Angriffe der Positivisten 6-7.
- REID (T.) 185. Realität der Außenwelt 400.
- Relativitätstheorie. Die Ortszeit 28, 139, 264. Raum 127. Die Materie im Raum aufgelöst 259. Transitive Wirkung der Materie 322.
- Religion. Unterschied von der Magie 14-15.
- RENOUVIER. Der „absolute Anfang“ 15. Mannigfaltigkeit der Ursachen 36. Kausalität und Elimination der Ursache 239. Die träge Materie 265. Die „Zyklen“ 283. — und SPENCER 283. — und KANT 327. Die Mechanistik, „der gemeine Menschenverstand der Naturwissenschaft“ 386. Der absolute Phänomenalismus 387.
- REUSSING. Glaube an die Gewichtsvermehrung 164.
- REY (JEAN). Erhaltung des Gewichts 162-163, 166-168, 171, 185. Gründe für seinen Mißerfolg 168, 190, 350. Der wahre Sinn seiner Versuche 177. Verhalten gegenüber der Erhaltung der Materie 178-179. — und CARNOT 278.
- REYNOLDS (O.). Struktur der Gase 418.
- RÖNTGEN. — und CROOKES 203. R-Strahlen 203, 306.
- ROSENBERGER. MUSSCHENBROEK über die Hypothesen 43. Einfluß COULOMBS 67. Zitat von AEPINUS 74, von GAUSS 74. ANAXAGORAS und EMPEDOKLES 93. Geschichte des Trägheitsprinzips 113, 118-119, 142. Geschichte des Prinzips der Erhaltung der Materie 163, 183. Geschichte des Prinzips der Erhaltung der Energie 196, 215. Wärmefluidum 261. Stoß 313. GASSENDI 362. NEWTON 411. BACON 415 (vgl. Anhang II).
- RUBENS. Wärme und Licht 305.
- RUMFORD. Verwandlung von Wärme in Bewegung 198.
- RUSSELL (BERTRAND). Raum und Materie 262.
- RUTHERFORD. Zeitmessung 23. Radioaktivität 23, 286. Atomtheorie 54, 88, 102. Veränderung des Gewichts 189.
- SAADIA. Widerlegung der Atomistik 84. Elemente 341, 349, 350.
- SAINTE CLAIRE DEVILLE (HENRI). Elemente und Verbindungen 245-246.
- SAINT-VENANT. BOSCOVICH'S System 68.
- SALA (ANGELO). Ausfällung von Kupfer aus blauem Vitriol durch Eisen 347.
- SANTBECK. Geschoßbahn 118.
- SCALIGER. Verwechslung von spezifischem und absolutem Gewicht 162.
- SCHÉELE. Phlogiston und Wärme 173. Transmutation von Wasser in Erde 175. Gegen LAVOISIER 176-178. Chemische Reaktion 229.
- SCHELLBACH. Gegen die Fernwirkung 75.
- SCHELLING. Scheitern seiner naturwissenschaftlichen Deduktionen 425. Identität von Sein und Denken 440.
- SCHENCK (RUD.). Zeitmessung 23.

- SCHOPENHAUER. Definition der Kausalität 17, 256. Der Willensakt 40, 323. Die Kraft 76. Die Materie 78, 312, 379. Das Prinzip der Trägheit *a priori* 152. — und KANT 183. Verwechslung von Masse und Gewicht 187. Die *qualitates occultae* 254. LEIBNIZ' Engel 311. Die Undurchdringlichkeit 313. Außenwelt und Vorstellung 382. — und BYRON 449. (Vgl. Anhang I).
- SCHRÖDINGER 102.
- SCHUSTER, s. Anhang III.
- SCHÜTZENBERGER. Die Atomtheorien 98, 248.
- SCHWANN. Angeblicher Einfluß 6.
- SCOTUS ERIGENA. Substanz und Akzidenz 342, 344.
- SCOTUS (MICHAEL). Übersetzung von AL BITRAGI 114.
- SECOHI (PATER). Elastizität der Moleküle 63.
- SÉGUIN. Ahnt das Energieprinzip 198, 210. Angriffe TAITs 209. Unmöglichkeit des *perpetuum mobile* 210.
- SENNERT. Atomistik 85.
- SEXTUS EMPIRICUS. Die Bewegung 112-113. Die Relativität der Bewegung 126, 131. DEMOKRIT 303.
- SIEMENS. Analogie mit RANKINE 280.
- SIMPLICIUS. Erhaltung der geradlinigen Bewegung 111, 113.
- SMITH (ADAM). Beschränkung der Gesetzmäßigkeit 5.
- SMOLUCHOWSKI (v.) 290.
- SOMMERFELD. Atomtheorie 54, 102.
- SPENCER (HERBERT). Kraftbegriff 77. Trägheit 123-124. Erhaltung der Materie 183-184. Erhaltung der Energie 205. Einheit der Materie 249. Die Halbperioden 282. Verwandtschaft mit den antiken Vorstellungen 283. Unterschied von BOLZMANNs Hypothese 287. Primat des Tastsinns 317.
- SPINOZA. Das Begreifen 33. Die letzte Ursache 265. Die Mechanistik 266, 303. BOYLE, LEIBNIZ 266, 411. Gegen die Willensfreiheit 323. Postulat der Begreiflichkeit 423, 426, 427, 430, 440.
- SPIR. Raum und Zeit 29. Widerstreit zwischen Identität und Wirklichkeit 33. Doppelnatur des Begriffs der Identität 35, 154. Antimechanistische Übertreibung 57. Dynamische Theorie 71. Die Atomistik aus der Kausalität abgeleitet 95. Die Trägheit aus der Identität abgeleitet 152. Erhaltung der Energie 205. Der fundamentale Widerspruch zwischen Verstand und Natur 311-312. Unterschied zwischen Empfindung und Erinnerung 378. Wissenschaft und Gegenstand 388. Unwandelbare Ordnung der Erscheinungen 420. Die „täuschende Natureinrichtung“ 448. Identität und Kausalität 476.
- SPRING. Eigenschaften der festen Körper 201.
- STAHL. Glaube an die Gewichtsvermehrungen 164. Das Phlogiston 170, 172, 354. Transmutation 243. Brennbarkeit 348, 350, 359.

- STALLO. Einfluß 48. Arbeiten über die Theorien 50. Schwierigkeiten, die der Äther mit sich bringt 56. Kinetische Gastheorie 60. SECCHIS Theorie 63. Die Fernwirkung 74, 77. Beharrlichkeit der Atomistik 87. Erhaltung der Energie 205-206. — und FRIEDEL 249. Undurchdringlichkeit 313. Einwände gegen die Atomistik 445.
- STAS. Sorgfalt seiner Arbeiten 19, 180, 463.
- STEFANOWSKA 304.
- STEVIN. Unmöglichkeit des *perpetuum mobile* 210. Beweis 214.
- STEWART. Schwierigkeiten beim Äther 56.
- STOKES (GEORGE). Formel 101.
- STRAUSS (D. F.). Materialismus und Mechanistik 302.
- STREINTZ. Zeitmessung 23. Relativität der Bewegung 135.
- SULLY-PRUDHOMME. Zurückweichen der Teleologie 331. Tendenz der Chemie zur mechanischen Erklärung 355.
- SUNCZEL. Verbreitung der Lehre des ALBERTUS DE SAXONIA 114.
- SYLVIVS (DE LA BOË). — und LÉMEBY 465.
- TAINE. Gleichsetzung von Kausalität und Gesetzmäßigkeit 2, 41. Einfluß HEGELS 424.
- TAIT. Schwierigkeiten in der Vorstellung des Äthers 56. HEGEL 145. Ätherwirbel 190, 260. Gegen MAYER, SÉGUIN 209.
- TANNERY. Die Alten und das Trägheitsprinzip 108. GALILEI 119, 147. ARISTOTELES 124, 330-340. Erhaltungsprinzipien 154. Kausalität 154. — und ANAXAGORAS 278. (Vgl. Anhang III).
- TARTAGLIA. Leugnung der zusammengesetzten Bewegung 118.
- TASTSINN. BERKELEYS Theorie 317. Einwände 317-319, 393.
- TELESIO 116.
- THEMISTIUS. Die Bewegung 111, 150. Von CARDANUS wiederaufgenommen 117.
- THOMAS V. AQUINO. Ptolemäisches System 114. Mischung der Elemente 342.
- THOMSON (J. J.). Gegen die Fernwirkung 75, 79. Atomistik 89. Leitung der Elektrizität in Gasen 100. Elektronentheorie 100-102. Proportionalität von Masse und Gewicht 189.
- THOMSON (W.), s. KELVIN.
- Trägheitsprinzip. Von COMTE mit der atomistischen Hypothese verglichen. 95. Geschichte 108-120. Beweis: D'ALEMBERT 120-123. Meinung des ARISTOTELES 122 f. SPENCER 123-124. Beweis aus der Relativität; KANT 126, MAXWELL 127, DESCARTES' Meinung 128, NEWTONS Meinung 129-134. MACHS Argumentation 132. Systeme 135 f. NEUMANN 137. Ortszeit 139. Unannehmbarkeit der Beweise *a priori* 140. Paradoxe Charakter 140-145, 276, 314. Experimentelle Natur 145. Experimenteller Beweis 145. BORELLI 146. GALILEI 147-150. DESCARTES' Argumentation 149-152. *Plausibel* 153. Trägheit und Begriff der Geschwindigkeit 154 f., 237 f. Einfluß der Infinitesimalrechnung 155-156, 238. Unterschied gegenüber der Behandlung des Prinzips der Erhaltung der Materie 181; Analogie

191, 205. — und Erhaltung der Energie 207, 215-216. — und Mechanistik 236. — rein ideal 292. Gehört zur kausalen Auffassung 300-301. (Vgl. Anhang II).

TRAUBE. Die biologischen Arbeiten 52.

TRUDAINE. — und LAVOISIER 176.

TYNDALL. Intensitätswechsel der Empfindung 305. Die „schwingende multiple Proportion“ 388.

Ursache. Gleichheit mit der Wirkung 17 f., 153 f., 206, 209, 213, 221, 225, 229, 235, 250, 293, 379. Vielheit der Ursachen 36, 265. Ungenauigkeit des Ausdrucks 39. Ursache und Zeit 238. Kausalität und Elimination der Ursache 239. Die letzte — 265. — bei J. R. MAYER 293. BOUTROUX' Argumentation 297-298. Antezedens und Konsequens 298. Grundlegende Ungleichheit von Ursache und Wirkung 299. — und Zweck 332. (S. Kausalität).

VAN'T HOFF. Die zwei Pfeile 233, 418. Konstitutionsformeln 246. Die Eigenschaften und die chemische Formel 354. Asymmetrisches Kohlenstoffatom 417-418. Vorbehalt hinsichtlich der Molekularvorstellung 433.

VARIGNON. Gegen die Fernwirkung 75.

VERDET. — und CLAUSIUS 282.

VIRGIL. Die „ewige Wiederkehr“ 283-284. (Vgl. Anhang II).

VITRUV. Atomistik 84.

VOLTA. Möglichkeit einer unbegrenzten Erzeugung von elektrischer Energie 213.

VOLTAIRE. Erhaltung der lebendigen Kraft 196.

WALLACE. Versuch, die Entwicklung zu erklären 329.

WARBURG. Durchlässigkeit des Glases 201.

WATT. Wärmekraftmaschine 197.

WEBER (WILH.). Chemische Energie 285-286.

WELLS (H. G.). Die Schwierigkeiten der physikalischen Versuche 20. Der Schläfer 29. Die Maschine zur Erforschung der Zeit 222-223.

WHEWELL. — und KANT 153, 428. Erhaltung des Gewichts 183. Verwechslung von Masse und Gewicht 187. Deduktion und Empirismus 428. Wiederkehr, die ewige. RANKINES Theorie 281 f. POINCARÉ'S Einwände 280. Die antiken Theorien 282-283. NIETSCHE 284. Unterschied von BOLZMANN'S Hypothese 287.

WIEN. Gravitation 81.

WILBOIS (J.). Erhaltungsprinzipien 155. Scheinbare Entwicklung und wirkliche Beharrung 240, 330.

WILHELM VON COUCHES. Elementarpartikel 342.

WILKE. Der Wärmestoff 196, 216.

Willensfreiheit. Ihre Grenzen 12 f. — und Kausalität 39. SPINOZA'S Argument 323. MALEBRANCHE 324. — und Finalität 331 f.

WILSON (C. T. R.). Die Ionen 101.

Wirkung (Prinzip der kleinsten). Scheinbare Finalität 334.

WISLICENUS. Transmutation und Gewicht 163.

Wissenschaft (exakte Naturwissenschaft). Richtschnur des Handelns 5, 8.

Wirklicher Gang 7, 406. Ihr Bereich 10. Fortschreitende Abkürzung 11. — und Willensfreiheit 12, 324. Das Wunder 15 f. — als Zweck 33 f. Rein gesetzmäßige 234. — und Mechanistik 265, 310. — und Zurückführung auf das Nichts 266. Hervorragende Bedeutung des Carnotschen Prinzips 291, 299, 301. Nichtübereinstimmung mit der Wirklichkeit 296. Herrschaft der Identität 298. Wiederherstellung der Wirklichkeit 299, 301. Beziehung zwischen der Gesetzmäßigkeit und den drei Begriffen von Kausalität 325-326. — und Teleologie 326-336. Die qualitativen Auffassungen 351. Zurückführung auf die Quantität 365. Stetiger Übergang vom gemeinen Menschenverstand zur Wissenschaft 382-405. Vergeblichkeit des Strebens, die Kausalität zu eliminieren 387. Die — schafft Gegenstände 390, 392. Kehrt nicht zur Empfindung zurück 395-396. — und Metaphysik 401-402, 448-452. Umbildung der Wahrnehmung 404. Unterschied: der gemeine Menschenverstand handelt unbewußt 405. — und Positivismus 406-407. Geisteshaltung des Naturforschers 408. — und Hypothese 414-420. Auffassung KANTS 427-428, WHEWELLS 428. Das Apriori in der Wissenschaft 429. Unmöglichkeit der reinen Wissenschaft 430. Rolle des Empirismus 430 f. Methode der — 432 f. Dynamismus 435. Gebrauch der kinetischen Theorien 435. — und ewiger Fluß 440. Tendenz zur Mechanistik oder zur universellen Atomistik 440. — und Einfachheit 441-445. Der Analogieschluß 445. Perennität der Mechanistik 446. Die Theorien und das Kausalprinzip 453-454. Die kausalen Manifestationen 458-468. (vgl. Anhang III).

WITTE (HANS). Mechanische Theorie der Elektrizität 55.

WÖHLER. Synthese des Harns 354. COMTE und — 414.

WOHLWILL. Zitat des THEMISTIOS 111-112. GALILEI und die Trägheit 119-120, 227. DESCARTES 119. (Vgl. Anhang II).

WOLFF (CHR.). Definition der Kausalität 17, 256.

WULF. Definition der Masse 188.

Wunder. Beziehung zur Wissenschaft 15-16.

WUNDT. Nichtübereinstimmung des Identitätspostulats mit der Realität 33.

Glaube an die Realität 48. Astronomie und relative Bewegung 113. DESCARTES 128. Ursache und Wirkung 153-154. Einheit der Materie 249-250. Zusammenbruch der Energetik 399.

WURTZ. — und COMTE 414.

YOUNG. Die Interferenzstreifen 49. Ansicht MACHS 436.

ZEHNDER. Analogie mit RANKINE 280.

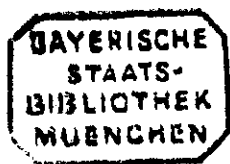
Zeit. — und Gesetzmäßigkeit 21 f., 226-229. Homogenität 22. Messung 22 f., 300. Beziehungen zum Gegenstand 25, 32, 250, zum Raum 28, 224. — und Richtung 28. — und Kausalität 29-30. Stetigkeit 79. Die Ortszeit 28, 139, 264. — und Identität 94, 219, 220, 239-240. Irreversibilität

222. — und rationale Mechanik: Reversibilität 224-225. Das Reversible ist nur ein Ideal 299. Elimination 228, 299. Das Beispiel der chemischen Gleichungen 229-235. Unterdrückung der zeitlichen Veränderung in der rationalen Wissenschaft 238. — und Ursache 238. Entwicklung des Begriffs 263-265. Einfluß des Carnotschen Prinzips 300-301. — und theoretische Naturwissenschaft 450 f.

ZELLER (Ed.). Atomistik der Eleaten 97. PARMENIDES 241. (Vgl. Anhang III).

ZENON. Artikel 99. Argument 237-238.

ZÖLLNER. Die vierte Dimension 80.



LETZTE GEDANKEN

von H. POINCARÉ

übersetzt von K. LICHTENECKER

mit Porträt und Geleitwort von W. OSTWALD

1913. VII und 261 Seiten, brosch. M. 4.50

Die Frage nach der Veränderlichkeit der Naturgesetze, nach Raum und Zeit, nach der Beziehung zwischen Mathematik und Logik, die Gedanken Plancks über die endliche Teilbarkeit der Energie, alle diese Dinge erfahren in diesem Werke eine wunderbar klare, lebendige und schöpferisch anregende Darstellung. Der berühmte Mathematiker erweist sich hier als ~~hervorragender~~ Philosoph, dessen Gedanken tiefen Einfluß auf das menschliche Denken ausüben.

Vorlesungen

über die Geschichte der Chemie

von R. MEYER

1922. VII und 467 Seiten, brosch. M. 12.—

Diejenigen von uns Naturwissenschaftshistorikern, die nicht mitten im vollen Getriebe der chemischen Forschung stehen, werden gerade Meyers Werk dankbar begrüßen. Mitteilg. z. Gesch. d. Med. u. Naturwiss.

Die Darstellung ist überall klar und gut verständlich, so daß man sich mit Vergnügen in die Entwicklung der wissenschaftlichen und technischen Chemie vertieft.

Die Naturwissenschaften.

HEINRICH HERTZ

Erinnerungen / Briefe / Tagebücher

Dargestellt von Dr. JOHANNA HERTZ

270 Seiten mit 9 Tafeln. Preis geb. M. 12.—

Aus den Erinnerungen, Briefen und Tagebüchern von Heinrich Hertz gibt hier seine Tochter ein unmittelbar wirkendes Lebensbild, das auch dem, der seine Forscherarbeit in vollem Umfange übersieht, neue Einblicke in seinen Werdegang, in seine Arbeitsmethoden und seine Stellungnahme zu den Problemen der Wissenschaft bietet. Darüber hinaus aber ist das Buch, dessen Hauptbestandteil die jahrelange Folge der Briefe in das Elternhaus ausmacht, eine einzigartige Quelle für die Lebensgeschichte des großen Physikers. So erhalten wir von dem bahnbrechenden Forscher und von dem warmherzigen und feinfühligsten Menschen Heinrich Hertz ein umfassendes Bild von größtem Originalwert, das durch den eigentümlichen Reiz des Selbstbiographischen besonders anspricht.

Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig

GROSSE MÄNNER

STUDIEN ZUR BIOLOGIE DES GENIES

Band I: Große Männer

Von Wilhelm Ostwald. 6. Auflage. XII und 427 Seiten. geb. M. 20.—. Aus dem Inhalt: Davy, J. R. Mayer, Faraday, Liebig, Gerhardt, Helmholtz — Allg. Orientierung — Die Jugend — Das große Werk — Klassiker und Romantiker — Hernach — Schluß.

Band II: Zur Geschichte der Wissenschaften und der Gelehrten seit zwei Jahrhunderten

nebst anderen Studien über wissenschaftliche Gegenstände, insbesondere Vererbung und Selektion beim Menschen. Von Alphonse de Candolle. Deutsch herausg. von Wilhelm Ostwald. XX und 466 S. mit einem Brustbild de Candolles. Brosch. M. 12.—.

Band III: Jacobus Henricus van't Hoff

Sein Leben und Wirken. Von Ernst Cohen, Professor an der Reichsuniversität Utrecht. Z. Z. vergriffen.

Band IV: Victor Meyer

Leben und Wirken eines deutschen Chemikers. 1848—1897. Von Geh.-Rat Professor Dr. Richard Meyer, Braunschweig. XV und 471 Seiten. Mit einem Titelbild, 79 Abbildungen im Text und Wiedergabe eines Originalbriefes. geb. M. 14.—

Band V: Ernst Abbe

der Forscher und Unternehmer, der soziale Reformator, der Mensch. Nach den Quellen und eigenen Erinnerungen dargestellt von Felix Auerbach, Professor an der Universität Jena. XV und 512 Seiten. Mit 1 Gravüre, Abbildungen im Text und der Wiedergabe zweier Originalschreiben. 2. Auflage. Brosch. M. 13.—, geb. M. 15.—

Band VI: Emil Rathenau und das elektrische Zeitalter

Von F. Pinner. IX und 408 Seiten. Mit einer Heliogravüre. Brosch. M. 10.—, geb. M. 12.—

Band VII: Sir Henry Roscoe

Ein Leben der Arbeit. Erinnerungen. Mit einer Einführung von Wilhelm Ostwald. XV und 362 Seiten mit 16 Abbildungen. geb. M. 10.—

Band VIII: Wilhelm Hofmeister

Arbeit und Leben eines Botanikers des 19. Jahrhunderts. Von K. v. Goebel, o. Prof. an der Universität München. Mit biographischer Ergänzung von Frau Prof. Ganzenmüller, geb. Hofmeister. 177 Seiten mit 2 faks. Briefen und 1 Titelbild. geb. M. 10.—

Band IX: Johannes Müller

Das Leben des rheinischen Naturforschers. Von Dr. W. Haberling. Oberregierungs-Medizinalrat, a. o. Prof. der Geschichte der Medizin an der Medizinischen Akademie zu Düsseldorf. Mit 9 Tafeln und 2 Textabbildg. VII und 501 Seiten. Brosch. M. 18.—, geb. M. 22.—

Band X: Jos. Fraunhofers Leben

Leistungen und Wirksamkeit. Von M. v. Rohr. Mit 1 Titelbild, 39 Abbildungen. X und 233 Seiten. Brosch. M. 13.—, geb. M. 15.—

Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig

Großdruckerei Paul Dinnhaupt Köthen (Anhalt)

Bayerische
Staatsbibliothek
München

